

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

011906081 **Image available**

WPI Acc No: 1998-322991/199828

XRPX Acc No: N98-252533

Aligner and method for exposure - uses position of wafer in each shot
region on stage that is found, by section as relative position to
reference mark formed on stage

Patent Assignee: NIKON CORP (NIKR)

Inventor: NISHI K; OTA K

Number of Countries: 070 Number of Patents: 027

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week	
WO 9824115	A1	19980604	WO 97JP4350	A	19971128	199828	B
JP 10163097	A	19980619	JP 96332844	A	19961128	199835	
JP 10163098	A	19980619	JP 96332845	A	19961128	199835	
JP 10163099	A	19980619	JP 96332846	A	19961128	199835	
JP 10163100	A	19980619	JP 96332847	A	19961128	199835	
JP 10214783	A	19980811	JP 97343740	A	19971128	199842	
AU 9850678	A	19980622	AU 9850678	A	19971128	199844	
EP 951054	A1	19991020	EP 97913467	A	19971128	199948	
			WO 97JP4350	A	19971128		
CN 1242104	A	20000119	CN 97181117	A	19971128	200023	
KR 2000057310	A	20000915	WO 97JP4350	A	19971128	200122	
			KR 99704747	A	19990528		
US 6341007	B1	20020122	US 97980315	A	19971128	200208	
			US 2000666407	A	20000920		
			US 2000714943	A	20001120		
CN 1322971	A	20011121	CN 97181117	A	19971128	200218	
			CN 2001117665	A	19971128		
CN 1322972	A	20011121	CN 97181117	A	19971128	200218	
			CN 2001117666	A	19971128		
CN 1329286	A	20020102	CN 97181117	A	19971128	200227	
			CN 2001121642	A	19971128		
CN 1329287	A	20020102	CN 97181117	A	19971128	200227	
			CN 2001121643	A	19971128		
KR 314557	B	20011117	KR 99704747	A	19990528	200240	
			KR 99704939	A	19990603		
US 6400441	B1	20020604	US 9759989	P	19970925	200242	
			US 9759992	P	19970925		
			US 9760022	P	19970925		
			US 9760076	P	19970925		
			US 9760677	P	19970925		
			US 97980315	A	19971128		
			US 2000666407	A	20000920		
KR 315249	B	20011126	KR 99704747	A	19990528	200245	
KR 315250	B	20011126	KR 99704747	A	19990528	200245	
			KR 2001706771	A	20010530		
KR 315251	B	20011126	KR 99704747	A	19990528	200245	
			KR 2001706772	A	20010530		
SG 88823	A1	20020521	SG 20013141	A	19971128	200247	
SG 88824	A1	20020521	SG 20013142	A	19971128	200247	
SG 93267	A1	20021217	SG 20005339	A	19971128	200319	
US 6549269	B1	20030415	US 9759989	P	19970925	200329	
			US 9759992	P	19970925		
			US 9760022	P	19970925		
			US 9760076	P	19970925		
			US 9760677	P	19970925		
			US 97980315	A	19971128		
			US 2000666407	A	20000920		

US 6590634	B1	20030708	US 2000714620	A	20001117	
			US 9759989	P	19970925	200353
			US 9759992	P	19970925	
			US 9760022	P	19970925	
			US 9760076	P	19970925	
			US 9760677	P	19970925	
			US 97980315	A	19971128	
			US 2000666407	A	20000920	
			US 2000716405	A	20001121	
IL 130137	A	20030706	IL 130137	A	19971128	200357
US 20040032575	A1	20040219	US 9759989	P	19970925	200414
			US 9759992	P	19970925	
			US 9760022	P	19970925	
			US 9760076	P	19970925	
			US 9760677	P	19970925	
			US 97980315	A	19971128	
			US 2000666407	A	20000920	
			US 200124147	A	20011221	

Priority Applications (No Type Date): JP 96332847 A 19961128; JP 96332843 A 19961128; JP 96332844 A 19961128; JP 96332845 A 19961128; JP 96332846 A 19961128

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
WO 9824115	A1	J	236	H01L-021/027	
					Designated States (National): AL AU BA BB BG BR CA CN CU CZ EE GE GH HU ID IL IS KR LC LK LR LT LV MG MK MN MX NO NZ PL RO SG SI SK SL TR TT UA US UZ VN YU ZW
					Designated States (Regional): AT BE CH DE DK EA ES FI FR GB GH GR IE IT KE LS LU MC MW NL OA PT SD SE SZ UG ZW
JP 10163097	A		20	H01L-021/027	
JP 10163098	A		27	H01L-021/027	
JP 10163099	A		17	H01L-021/027	
JP 10163100	A		33	H01L-021/027	
JP 10214783	A		27	H01L-021/027	
AU 9850678	A				Based on patent WO 9824115
EP 951054	A1	E			Based on patent WO 9824115
					Designated States (Regional): AL AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LT LU LV MC NL PT RO SE SI
CN 1242104	A			H01L-021/027	
KR 2000057310	A			H01L-021/027	Based on patent WO 9824115
US 6341007	B1			G03B-027/42	Cont of application US 97980315
					Div ex application US 2000666407
CN 1322971	A			G03F-007/20	Div ex application CN 97181117
CN 1322972	A			G03F-007/20	Div ex application CN 97181117
CN 1329286	A			G03F-007/20	Div ex application CN 97181117
CN 1329287	A			G03F-007/20	Div ex application CN 97181117
KR 314557	B			H01L-021/027	Div ex application KR 99704747
US 6400441	B1			G03B-027/42	Provisional application US 9759989
					Provisional application US 9759992
					Provisional application US 9760022
					Provisional application US 9760076
					Provisional application US 9760677
					Cont of application US 97980315
KR 315249	B			H01L-021/027	Previous Publ. patent KR 2000057310
KR 315250	B			H01L-021/027	Div ex application KR 99704747
KR 315251	B			H01L-021/027	Div ex application KR 99704747
SG 88823	A1			H01L-021/027	
SG 88824	A1			H01L-021/027	
SG 93267	A1			G03F-007/20	
US 6549269	B1			G03B-027/42	Provisional application US 9759989

			Provisional application US 9759992
			Provisional application US 9760022
			Provisional application US 9760076
			Provisional application US 9760677
			Cont of application US 97980315
			Div ex application US 2000666407
			Div ex patent US 6400441
US 6590634	B1	G03B-027/42	Provisional application US 9759989
			Provisional application US 9759992
			Provisional application US 9760022
			Provisional application US 9760076
			Provisional application US 9760677
			Cont of application US 97980315
			Div ex application US 2000666407
IL 130137	A	H01L-021/027	Based on patent WO 9824115
US 20040032575	A1	G03B-027/42	Provisional application US 9759989

Provisional application US 9759992
Provisional application US 9760022
Provisional application US 9760076
Provisional application US 9760677
Cont of application US 97980315
Div ex application US 2000666407
Div ex patent US 6400441

Abstract (Basic): WO 9824115 A

Two stages (WS1, WS2), each of which supports a wafer, can individually move between a position information measuring section (PIS) below an alignment system (24a) and an exposure section (EPS) below a projection optical system (PL). While a wafer is replaced and aligned on the stage (WS1), a wafer (W2) is exposed on the stage (WS2). The position of a wafer (W1) in each shot region on the stage (WS1) is found, by the section (PIS), as a relative position to a reference mark formed on the stage (WS1).

The information about the relative position is used for alignment in relation to an alignment pattern, when the stage (WS1) moves to the section (EPS) and the wafer (W1) is exposed. Therefore, the position of the stage need not be monitored continuously during movement. By parallel processing of exposures using the two wafer stages (WS1, WS2).

ADVANTAGE - Throughput can be increased.

Dwg.1/48

Title Terms: ALIGN; METHOD; EXPOSE; POSITION; WAFER; SHOT; REGION; STAGE; FOUND; SECTION; RELATIVE; POSITION; REFERENCE; MARK; FORMING; STAGE

Derwent Class: P82; P84; S02; U11

International Patent Class (Main): G03B-027/42; G03F-007/20; H01L-021/027

International Patent Class (Additional): G01B-011/00; G03B-027/32;

G03B-027/54; G03B-027/58; G03B-027/62; G03F-009/00; H01L-021/30

File Segment: EPI; EngPI

Manual Codes (EPI/S-X): S02-A03B4; U11-C04B2

THIS PAGE RI ANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-163098

(43)公開日 平成10年(1998) 6月19日

(51)Int.Cl.⁶

H01L 21/027

識別記号

F I

H01L 21/30

516B

525X

審査請求 未請求 請求項の数10 F D (全 27 頁)

(21)出願番号 特願平8-332845

(22)出願日 平成8年(1996)11月28日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 西 健爾

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

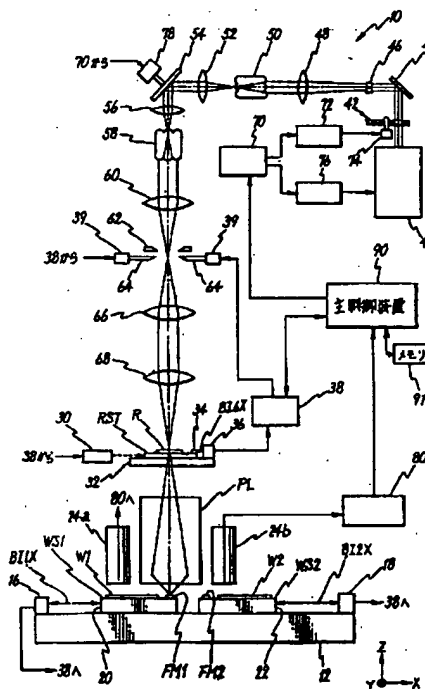
(74)代理人 弁理士 立石 篤司 (外1名)

(54)【発明の名称】 投影露光装置及び投影露光方法

(57)【要約】

【課題】 スルーブットを向上させつつ、2つのステージ同士が接触(干渉)したり、一方のステージ動作が他方のステージ動作に影響を及ぼさないようにする。

【解決手段】 2つのウエハステージWS1、WS2がベース盤12上を独立して2次元移動可能とし、アライメント系24aの下にあるウエハステージWS1上でウエハ交換とアライメントとを行なっている間に、投影光学系PLの下のウエハステージWS2上でウエハW2の露光が行なわれる。主制御装置90は、ウエハステージWS1、WS2上で行われる動作のうち、影響を及ぼし合う動作同士を同期して行い、影響を及ぼさない動作同士を同期して行うようにする。また、主制御装置90は、干渉条件に基づいて干渉計システムにより両ステージの位置を把握しながら位置制御を行うことにより、ステージ同士の干渉を防止する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して感応基板上に投影露光する投影露光装置であって、

感応基板を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージと；感応基板を保持して前記第1基板ステージと同一平面内を前記第1基板ステージとは独立に移動可能な第2基板ステージと；前記投影光学系とは別に設けられ、前記基板ステージ上又は前記基板ステージに保持された感応基板上のマークを検出するアライメント系と；前記第1基板ステージ及び前記第2基板ステージのうちの一方のステージ上の感応基板に対し前記アライメント系によるマーク検出動作を行うのに並行して、他方のステージ上の感応基板に対し露光を行う際に、前記一方のステージのマーク検出動作のうちで前記他方のステージに影響を与える動作と前記他方のステージの露光動作のうちで前記一方のステージに影響を与える動作とを同期して行うように2つのステージを制御するとともに、前記第1基板ステージ及び前記第2基板ステージの各々の動作のうちで互いに影響を与えない動作同士を同期して行うように前記2つの基板ステージの動作を制御する制御手段と；を有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項2】 前記制御手段は、前記他方の基板ステージに保持された感応基板に対する前記マスクのパターン像の投影露光中に、前記一方のステージ上のマーク又は前記一方のステージ上に保持された感応基板のマークの計測を行うために前記一方のステージを静止させることを特徴とする請求項1に記載の投影露光装置。

【請求項3】 前記制御手段は、前記他方の基板ステージを次の露光のために移動するのに同期して、前記一方の基板ステージを次のマーク検出のために移動することを特徴とする請求項1に記載の投影露光装置。

【請求項4】 前記マスクを搭載して所定方向に移動可能なマスクステージ及び前記マスクステージと前記第1基板ステージ又は前記第2基板ステージとを前記投影光学系に対して同期走査する走査システムをさらに有し、前記制御手段は、前記他方の基板ステージが前記マスクステージと同期して等速移動中に、前記一方のステージ上のマーク又は前記一方のステージ上に保持された感応基板のマークの計測を行うために前記一方のステージを静止させることを特徴とする請求項1に記載の投影露光装置。

【請求項5】 前記第1基板ステージ及び第2基板ステージの各々の間で感応基板の受け渡しを行う搬送システムをさらに有し、

前記制御手段は、前記一方の基板ステージが前記搬送システムとの間で感応基板の受け渡し動作及び前記マーク検出動作の少なくとも一方を行うのに並行して、前記他方の基板ステージに保持された感応基板に対し露光動作

を行う際に、前記一方の基板ステージの受け渡し動作及び前記マーク検出動作のうちで前記他方のステージに影響を与える動作と、前記他方のステージ側の露光動作のうちで前記一方のステージに影響を与える動作とを同期して行うように前記2つの基板ステージの動作を制御するとともに、前記第1基板ステージ及び前記第2基板ステージの各々の動作のうちで互いに影響を与えない動作同士を同期して行うように、前記2つの基板ステージの動作を制御することを特徴とする請求項1に記載の投影露光装置。

【請求項6】 前記アライメント系は、所定方向に沿って前記投影光学系の両側にそれぞれ配置され、前記制御手段は、前記第1基板ステージ及び前記第2基板ステージの両方の動作が終了した時点で、両ステージの動作を切り換えることを特徴とする請求項1又は5に記載の投影露光装置。

【請求項7】 マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して感応基板上に投影露光する投影露光装置であって、

感応基板を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージと；感応基板を保持して前記第1基板ステージと同一平面内を前記第1基板ステージとは独立に移動可能な第2基板ステージと；前記第1基板ステージ及び前記第2基板ステージの2次元位置をそれぞれ計測する干渉計システムと；前記第1基板ステージと第2基板ステージとが互いに干渉する場合の前記干渉計システムにおける干渉条件が記憶された記憶手段と；前記記憶手段に記憶された干渉条件に基づいて前記干渉計システムの計測値をモニタしつつ前記両ステージを干渉させないように移動制御する制御手段と；を有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項8】 前記投影光学系とは別に設けられ、前記基板ステージ上又は前記基板ステージに保持された感応基板上のマークを検出するアライメント系と；前記第1基板ステージ及び前記第2基板ステージとの間で感応基板の受け渡しを行う搬送システムとをさらに有し、前記制御手段は、前記干渉条件に基づいて前記干渉計システムの計測値をモニタしつつ、前記一方の基板ステージが前記搬送システムとの間で感応基板の受け渡し動作及び前記アライメント系によるマーク検出動作のうち少なくとも一方の動作を行っている間に、前記他方の基板ステージが前記投影光学系により露光動作が行われるように前記2つの基板ステージの動作を制御する際に、両ステージ同士が干渉する位置に来た場合、前記両ステージにおいて動作終了までの時間が長くなる方のステージを両ステージが干渉しない位置関係になるまで優先的に移動させ、その間動作終了までの時間が短い方のステージを待機させるように制御することを特徴とする請求項7に記載の投影露光装置。

【請求項9】 マスクのパターン像を投影光学系を介し

て感応基板上に投影露光する投影露光方法であって、感応基板を保持して2次元平面内を各々独立に移動可能な2つの基板ステージを用意し、

前記一方のステージに保持された感応基板に対する前記マスクのパターン像の投影露光中に、前記他方のステージを静止させて前記他方のステージ上のマーク又は前記他方のステージ上に保持された感応基板上のマークを検出することを特徴とする投影露光方法。

【請求項10】 マスクのパターン像を投影光学系を介して感応基板上に投影露光する投影露光方法であって、感応基板を保持して同一の2次元平面内を各々独立に移動可能な2つの基板ステージを用意し、

前記2つの基板ステージのうちの一方のステージに保持された感応基板上の複数の所に前記マスクのパターン像を順次投影露光するのに並行して、他方のステージ上に保持された感応基板上の複数のマークを順次検出する際に、前記2つの基板ステージが干渉しないように前記他方のステージに保持された感応基板上のマークの検出順序を決定することを特徴とする投影露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、投影露光装置及び投影露光方法に係り、更に詳しくはマスクに形成されたパターン像を投影光学系を介して感応基板上に投影露光する投影露光装置及び投影露光方法に関するものであり、特に2つの基板ステージを独立して移動させて、露光処理と他の処理とを並行して行う点に特徴を有している。

【0002】

【従来の技術】従来より、半導体素子又は液晶表示素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する場合に、種々の露光装置が使用されているが、現在では、フォトマスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）のパターン像を、投影光学系を介して表面にフォトレジスト等の感光材が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の基板（以下、適宜「感応基板」と称する）上に転写する投影露光装置が一般的に使用されている。近年では、この投影露光装置として、感応基板を2次元的に移動自在な基板ステージ上に載置し、この基板ステージにより感応基板を歩進（ステッピング）させて、レチクルのパターン像を感応基板上の各ショット領域に順次露光する動作を繰り返す、所謂ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置（いわゆるステッパー）が主流となっている。

【0003】最近になって、このステッパー等の静止型露光装置に改良を加えた、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置（例えば特開平7-176468号公報に記載された様な走査型露光装置）も比較的多く用いられるようになってきた。このステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置は、①ステッパーに比べると

大フィールドをより小さな光学系で露光できるため、投影光学系の製造が容易であるとともに、大フィールド露光によるショット数の減少により高スループットが期待出来る、②投影光学系に対してレチクル及びウエハを相対走査することで平均化効果があり、ディストーションや焦点深度の向上が期待出来る等のメリットがある。さらに、半導体素子の集積度が16M（メガ）から64MのDRAM、更に将来的には256M、1G（ギガ）というように時代とともに高くなるのに伴い、大フィールドが必須になるため、ステッパーに代わってスキャン型投影露光装置が主流になるであろうと言われている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】この種の投影露光装置は、主として半導体素子等の量産機として使用されるものであることから、一定時間内にどれだけ枚数のウエハを露光処理できるかという処理能力、すなわちスループットを向上させることが必然的に要請される。

【0005】これに関し、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置の場合、大フィールドを露光する場合には先に述べたように、ウエハ内に露光するショット数が少なくなるのでスループットの向上が見込まれるが、露光はレチクルとウエハとの同期走査による等速移動中に行われることから、その等速移動領域の前後に加減速領域が必要となり、仮にステッパーのショットサイズと同等の大きさのショットを露光する場合には、却ってステッパーよりスループットが落ちる可能性がある。

【0006】この種の投影露光装置における処理の流れは、大要次のようになっている。

【0007】① まず、ウエハローダを使ってウエハをウエハテーブル上にロードするウエハロード工程が行われる。

【0008】② 次に、サーチアライメント機構によりウエハの大まかな位置検出を行うサーチアライメント工程が行われる。このサーチアライメント工程は、具体的には、例えば、ウエハの外形を基準としたり、あるいは、ウエハ上のサーチアライメントマークを検出することにより行われる。

【0009】③ 次に、ウエハ上の各ショット領域の位置を正確に求めるファインアライメント工程が行われる。このファインアライメント工程は、一般にEGA（エンハンスト・グローバル・アライメント）方式が用いられ、この方式は、ウエハ内の複数のサンプルショットを選択しておき、当該サンプルショットに付設されたアライメントマーク（ウエハマーク）の位置を順次計測し、この計測結果とショット配列の設計値とに基づいて、いわゆる最小自乗法等による統計演算を行って、ウエハ上の全ショット配列データを求めるものであり（特開昭61-44429号公報等参照）、高スループットで各ショット領域の座標位置を比較的高精度に求めることができる。

【0010】④ 次に、上述したEGA方式等により求めた各ショット領域の座標位置と予め計測したベースライン量とに基づいて露光位置にウエハ上の各ショット領域を順次位置決めしつつ、投影光学系を介してレチクルのパターン像をウエハ上に転写する露光工程が行われる。

【0011】⑤ 次に、露光処理されたウエハテーブル上のウエハをウエハアンローダを使ってウエハアンロードさせるウエハアンロード工程が行われる。このウエハアンロード工程は、露光処理を行うウエハの上記④のウエハロード工程と同時に進行される。すなわち、④と⑤と

$$THOR = 3600 / (T1 + T2 + T3 + T4) \dots\dots\dots (1)$$

上記T1～T4の動作は、T1→T2→T3→T4→T1……のように順次（シーケンシャルに）繰り返し実行される。このため、T1～T4までの個々の要素を高速化すれば分母が小さくなって、スループットTHORを向上させることができる。しかし、上述したT1（ウエハ交換時間）とT2（サーチアライメント時間）は、ウエハ1枚に対して一動作が行われるだけであるから改善の効果は比較的小さい。また、T3（ファインアライメント時間）の場合は、上述したEGA方式を用いる際にショットのサンプリング数を少なくしたり、ショット単体の計測時間を短縮すればスループットを向上させることができるが、逆にアライメント精度を劣化させることになるため、安易にT3を短縮することはできない。

【0015】また、T4（露光時間）は、ウエハ露光時間とショット間のステッピング時間とを含んでいる。例えば、ステップ・アンド・スキャン方式のような走査型投影露光装置の場合は、ウエハ露光時間を短縮させる分だけレチクルとウエハの相対走査速度を上げる必要があるが、同期精度が劣化することから、安易に走査速度を上げることができない。

【0016】また、この種の投影露光装置で上記スループット面の他に、重要な条件としては、①解像度、②焦点深度（DOF：Depth of Focus）、③線幅制御精度が挙げられる。解像度Rは、露光波長を λ とし、投影レンズの開口数をN.A.（Numerical Aperture）とすると、 $\lambda / N.A.$ に比例し、焦点深度DOFは $\lambda / (N.A.)^2$ に比例する。

【0017】このため、解像度Rを向上させる（Rの値を小さくする）には、露光波長 λ を小さくするか、あるいは開口数N.A.を大きくする必要がある。特に、最近では半導体素子等の高密度化が進んでおり、デバイスルールが0.2 μm L/S（ライン・アンド・スペース）以下となってきたことから、これらのパターンを露光する為には照明光源としてKrFエキシマレーザを用いている。しかしながら、前述したように半導体素子の集積度は、将来的に更に上がることは必至であり、KrFより短波長な光源を備えた装置の開発が望まれる。このようなより短波長な光源を備えた次世代の装置

によってウエハ交換工程が構成される。

【0012】このように、従来の投影露光装置では、ウエハ交換→サーチアライメント→ファインアライメント→露光→ウエハ交換……のように、大きく4つの動作が1つのウエハステージを用いて繰り返し行われている。

【0013】また、この種の投影露光装置のスループットTHOR〔枚/時間〕は、上述したウエハ交換時間をT1、サーチアライメント時間をT2、ファインアライメント時間をT3、露光時間をT4とした場合に、次式（1）のように表すことができる。

【0014】

の候補として、ArFエキシマレーザを光源とした装置、電子線露光装置等が代表的に挙げられるが、ArFエキシマレーザの場合は、酸素のある所では光が殆ど透過せず、高出力が出にくい上、レーザの寿命も短く、装置コストが高いという技術的な課題が山積しており、また、電子線露光装置の場合、光露光装置に比べてスループットが著しく低いという不都合があることから、短波長化を主な観点とした次世代機の開発は思うようにいかないというのが現実である。

【0018】解像度Rを上げる他の手法としては、開口数N.A.を大きくすることも考えられるが、N.A.を大きくすると、投影光学系のDOFが小さくなるというデメリットがある。このDOFは、UDOF（User Depth of Focus：ユーザ側で使用する部分：パターン段差やレジスト厚等）と、装置自身の総合焦点差とに大別することができる。これまでは、UDOFの比率が大きかったため、DOFを大きく取る方向が露光装置開発の主軸であり、このDOFを大きくする技術として例えば変形照明等が実用化されている。

【0019】ところで、デバイスを製造するためには、L/S（ライン・アンド・スペース）、孤立L（ライン）、孤立S（スペース）、及びCH（コンタクトホール）等が組み合わさったパターンをウエハ上に形成する必要があるが、上記のL/S、孤立ライン等のパターン形状毎に最適露光を行うための露光パラメータが異なっている。このため、従来は、ED-TREE（レチクルが異なるCHは除く）という手法を用いて、解像線幅が目標値に対して所定の許容誤差内となり、かつ所定のDOFが得られるような共通の露光パラメータ（コヒーレンスファクタ σ 、N.A.、露光制御精度、レチクル描画精度等）を求めて、これを露光装置の仕様とすることが行われている。しかしながら、今後は以下のような技術的な流れがあると考えられている。

【0020】①プロセス技術（ウエハ上平坦化）向上により、パターン低段差化、レジスト厚減少が進み、UDOFが1 μm 台→0.4 μm 以下になる可能性がある。

【0021】②露光波長がg線（436nm）→i線（365nm）→KrF（248nm）と短波長化して

いる。しかし、今後はArF(193)までの光源しか検討されてなく、その技術的ハードルも高い。その後はEB露光に移行する。

【0022】③ステップ・アンド・リピートのような静止露光に代わりステップ・アンド・スキャンのような走査露光がステッパーの主流になる事が予想されている。この技術は、径の小さい投影光学系で大フィールド露光が可能であり(特にスキャン方向)、その分高N.A.化を実現し易い。

【0023】上記のような技術動向を背景にして、限界解像度を向上させる方法として、二重露光法が見直され、この二重露光法をKrF及び将来的にはArF露光装置に用い、 $0.1\mu\text{mL}/\text{S}$ まで露光しようという試みが検討されている。一般に二重露光法は以下の3つの方法に大別される。

【0024】(1)露光パラメータの異なる L/S 、孤立線を別々のレチクルに形成し、各々最適露光条件により同一ウエハ上に二重に露光を行う。

【0025】(2)位相シフト法等を導入すると、孤立線より L/S の方が同一DOFにて限界解像度が高い。これを利用することにより、1枚目のレチクルで全てのパターンを L/S で形成し、2枚目のレチクルにて L/S を間引きすることで孤立線を形成する。

【0026】(3)一般に、 L/S より孤立線は、小さなN.A.にて高い解像度を得ることができる(但し、DOFは小さくなる)。そこで、全てのパターンを孤立線で形成し、1枚目と2枚目のレチクルによってそれぞれ形成した孤立線の組み合わせにより、 L/S を形成する。

【0027】上記の二重露光法は解像度向上、DOF向上の2つの効果がある。

【0028】しかし、二重露光法は、複数のレチクルを使って露光処理を複数回行う必要があるため、従来の装置に比べて露光時間(T_4)が倍以上になり、スループットが大幅に劣化するという不都合があったことから、現実には、二重露光法はあまり真剣に検討されてなく、従来より露光波長の紫外化、変形照明、位相シフトレチクル等により、解像度、焦点深度(DOF)の向上が行われてきた。

【0029】しかしながら、先に述べた二重露光法をKrF、ArF露光装置に用いると $0.1\mu\text{mL}/\text{S}$ までの露光が実現することにより、256M、1GのDRAMの量産を目的とする次世代機の開発の有力な選択肢であることは疑いなく、このためのネックとなる二重露光法の課題であるスループットの向上のため新技術の開発が待望されていた。

【0030】これに関し、前述した4つの動作すなわちウエハ交換、サーチアライメント、ファインアライメント、及び露光動作の内の複数動作同士を部分的にでも同時並行的に処理できれば、これら4つの動作をシーケン

シャルに行う場合に比べて、スループットを向上させることができると考えられ、そのためには基板ステージを複数設けることが前提となる。この基板ステージを複数設けることは公知であり、理論上簡単のように思えるが、十分な効果を発揮させるために解決しなければならない多くの問題が山積している。例えば、現状と同程度の大きさの基板ステージを単に2つ並べて配置するので、装置の設置面積(いわゆるフットプリント)が著しく増大し、露光装置が置かれるクリーンルームのコストアップを招くという不都合がある。また、高精度な重ね合わせを実現するためには、同一の基板ステージ上の感応基板に対し、アライメントを実行した後、そのアライメントの結果を用いてマスクのパターン像と感応基板の位置合わせを実行して露光を行う必要があるため、単に2つの基板ステージの内、一方を例えば露光専用、他方をアライメント専用等とすることは、現実的な解決策とは成り得ない。更に、2つの基板ステージを独立して移動制御しながら2つの動作を同時並行処理する場合は、両ステージ同士が接触しないように移動制御したり(干渉防止)、一方のステージ上の動作が他方のステージ上の動作に影響を与えないようにする(外乱防止)が必要があった。

【0031】本発明は、かかる事情の下になされたもので、請求項1ないし6に記載の発明の目的は、スループットを一層向上させるとともに、両ステージ相互間の外乱の影響を防止することができる投影露光装置を提供することにある。

【0032】また、請求項7及び8に記載の発明の目的は、スループットを一層向上させるとともに、両ステージ同士の干渉を防止することができる投影露光装置を提供することにある。

【0033】更に、請求項9に記載の発明の目的は、スループットを一層向上させるとともに、両ステージ相互間の外乱の影響を防止することができる投影露光方法を提供することにある。

【0034】また、請求項10に記載の発明の目的は、スループットを一層向上させるとともに、両ステージ同士の干渉を防止することができる投影露光方法を提供することにある。

【0035】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、マスク(R)に形成されたパターン像を投影光学系(PL)を介して感応基板(W1、W2)上に投影露光する投影露光装置であって、感応基板(W1)を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージ(WS1)と；感応基板(W2)を保持して前記第1基板ステージ(WS1)と同一平面内を前記第1基板ステージ(WS1)とは独立に移動可能な第2基板ステージ(WS2)と；前記投影光学系(PL)とは別に設けられ、前記基板ステージ(WS1又はWS2)上又は前記基板

ステージ(WS1又はWS2)に保持された感応基板(W1又はW2)上のマークを検出するアライメント系(例えば24a)と;前記第1基板ステージ(WS1)及び前記第2基板ステージ(WS2)のうちの一方のステージ(WS1又はWS2)上の感応基板に対し前記アライメント系(24a)によるマーク検出動作を行うのに並行して、他方のステージ(WS2又はWS1)上の感応基板に対し露光を行う際に、前記一方のステージ(WS1又はWS2)のマーク検出動作のうちで前記他方のステージ(WS2又はWS1)に影響を与える動作と前記他方のステージ(WS2又はWS1)の露光動作のうちで前記一方のステージ(WS1又はWS2)に影響を与える動作とを同期して行うように2つのステージ(WS1、WS2)を制御するとともに、前記第1基板ステージ(WS1)及び前記第2基板ステージ(WS2)の各々の動作のうちで互いに影響を与えない動作同士を同期して行うように前記2つの基板ステージ(WS1、WS2)の動作を制御する制御手段(90)と;を有する。

【0036】これによれば、制御手段により一方のステージ側で投影光学系とは別に設けられたアライメント系により基板ステージ上又は基板ステージに保持された感応基板上のマークが検出されるのと並行して、他方のステージ側で露光動作が行われる。その際、制御手段により一方のステージ側のマーク検出動作のうち他方のステージに影響を与える動作と他方のステージ側の露光動作のうちで一方のステージに影響を与える動作とを同期して行うように2つのステージが制御されるとともに、第1基板ステージ及び第2基板ステージの各々の動作のうちで互いに影響を与えない動作同士を同期して行うように、2つの基板ステージの動作が制御される。

【0037】このように、制御手段が一方のステージのマーク検出動作のうち他方のステージに影響を与える(外乱要因)動作と、他方のステージの露光動作のうち一方のステージに影響を与える(外乱要因)動作とを同期して行うように、2つのステージを制御することから、互いに影響し合う動作同士を同期させるため、それぞれのステージ上の動作に支障が出ない。また、制御手段は、両ステージの各々の動作のうちで互いに影響を与えない(非外乱要因)動作同士を同期して行うように制御することから、この場合についてもそれぞれのステージ上で行われる動作に支障が出ることがない。

【0038】従って、2つの基板ステージを使ってそれぞれの基板ステージ上又は感応基板上のマークのアライメント系による位置検出動作と、投影光学系による露光動作とを並行処理することが可能となり、結果的にスループットを向上させることが可能になるとともに、2つの基板ステージ上で行われる動作が互いに影響を及ぼさないため、2つの動作を良好な状態で並行処理することが可能となる。

【0039】この場合、互いに影響を与えない動作同士の組み合わせとして種々のものがあるが、請求項2に記載の発明の如く、他方の基板ステージ(WS2又はWS1)に保持された感応基板(W2又はW1)に対する前記マスク(R)のパターン像の投影露光中に、前記一方のステージ(WS1又はWS2)上のマーク又は前記一方のステージ(WS1又はWS2)上に保持された感応基板(W1又はW2)のマークの計測を行うために前記他方のステージ(WS1又はWS2)を静止させるようにしても良い。これらの動作は、互いに影響を与えない動作同士であるから、高精度なマーク計測動作と露光動作とを支障なく並行処理することができる。

【0040】一方、互いに影響を与える動作同士の組み合わせとして種々のものがあるが、請求項3に記載の発明の如く、他方の基板ステージ(WS2又はWS1)を次の露光のために移動するのに同期して、前記一方の基板ステージ(WS1又はWS2)を次のマーク検出のために移動するようにしても良い。

【0041】この場合、請求項4に記載の発明の如く、前記マスク(R)を搭載して所定方向に移動可能なマスクステージ(RST)及び前記マスクステージ(RST)と前記第1基板ステージ(WS1)又は前記第2基板ステージ(WS2)とを前記投影光学系(PL)に対して同期走査する走査システム(例えば、38)をさらに有し、前記制御手段(90)は、前記他方の基板ステージ(WS2又はWS1)が前記マスクステージ(RST)と同期して等速移動中に、前記一方のステージ(WS1又はWS2)上のマーク又は前記一方のステージ(WS1又はWS2)上に保持された感応基板(W1又はW2)のマークの計測を行うために前記一方のステージ(WS1又はWS2)を静止させるようにしても良い。これによれば、走査システムでは露光中はマスクステージと他方の基板ステージとを同期させて等速移動させるため、マーク計測を行っている一方のステージに影響を与えない。この他方のステージの等速移動中(露光中)にマーク計測を行っている一方のステージでは、露光中の他方ステージに影響を与えない静止状態でマーク計測を行うことから、走査露光中であっても2つのステージを使うことによって、露光動作とマーク計測動作とを支障なく並行処理することができる。

【0042】この場合において、請求項5に記載の発明の如く、前記第1基板ステージ及び第2基板ステージ(WS1、WS2)の各々との間で感応基板(W1又はW2)の受け渡しを行う搬送システム(180~200)をさらに有し、前記制御手段(90)は、前記一方の基板ステージが(WS1又はWS2)前記搬送システム(180~200)との間で感応基板(W1又はW2)の受け渡し動作及び前記マーク検出動作の少なくとも一方を行うのに並行して、前記他方の基板ステージ(WS2又はWS1)に保持された感応基板に対し露光

動作を行う際に、前記一方の基板ステージ（WS1又はWS2）の受け渡し動作及び前記マーク検出動作のうちで前記他方のステージ（WS1又はWS2）に影響を与える動作と、前記他方のステージ（WS1又はWS2）側の露光動作のうちで前記一方のステージ（WS1又はWS2）に影響を与える動作とを同期して行うように前記2つの基板ステージ（WS1、WS2）の動作を制御するとともに、前記第1基板ステージ及び前記第2基板ステージ（WS1、WS2）の各々の動作のうちで互いに影響を与えない動作同士を同期して行うように、前記2つの基板ステージ（WS1、WS2）の動作を制御することが、一層望ましい。このようにした場合は、先に説明した時間T1、時間T2及び時間T3の動作を一方のステージ側で行い、時間T4の動作を他方のステージ側で行うことが出来るので、請求項1に記載の発明に比べて一層スループットが向上するとともに、それら2つのステージで支障なく動作を並行処理することが可能になる。

【0043】請求項1に記載の発明では、アライメント系が投影光学系とは別に設けられていれば良いが、例えばアライメント系が投影光学系とは別に2つある場合は、請求項6に記載の発明の如く、前記アライメント系（24a、24b）は、所定方向に沿って前記投影光学系（PL）の両側にそれぞれ配置され；前記制御手段（90）は、前記第1基板ステージ及び第2基板ステージ（WS1、WS2）の両方の動作が終了した時点で、両ステージ（WS1、WS2）の動作を切り換えるようにしても良い。

【0044】このようにした場合には、中央に位置する投影光学系で一方の基板ステージ上の感応基板を露光している間に（露光動作）、他方の基板ステージ上の感応基板を一方のアライメント系を使ってマーク検出を行い（アライメント動作）、露光動作とアライメント動作とを切り換える場合は、2つの基板ステージを前記所定方向に沿って他方のアライメント系の方に移動させるだけで、投影光学系の下にあった一方の基板ステージを他方のアライメント系位置に移動させ、一方のアライメント系位置にあった他方の基板ステージを投影光学系の下まで移動させることを容易に行うことができ、このようにして2つのアライメント系を支障なく交互に使用することが可能になる。

【0045】請求項7に記載の発明の如く、マスク（R）に形成されたパターン像を投影光学系（PL）を介して感応基板（W1、W2）上に投影露光する投影露光装置であって、感応基板（W1）を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージ（WS1）と；感応基板（W2）を保持して前記第1基板ステージ（WS1）と同一平面内を前記第1基板ステージ（WS1）とは独立に移動可能な第2基板ステージ（WS2）と；前記第1基板ステージ及び第2基板ステージ（WS1、W

S2）の2次元位置をそれぞれ計測する干涉計システム（例えば測長軸BI1X～BI4Y）と；前記第1基板ステージと第2基板ステージとが互いに干渉する場合の前記干涉計システム（例えば測長軸BI1X～BI4Y）における干涉条件が記憶された記憶手段（91）と；前記記憶手段（91）に記憶された干涉条件に基づいて前記干涉計システム（例えば測長軸BI1X～BI4Y）の計測値をモニタしつつ前記両ステージ（WS1、WS2）を干渉させないように移動制御する制御手段（90）と；を有する。

【0046】これによれば、感応基板を保持して2次元平面内を独立に移動可能な第1基板ステージと第2基板ステージのそれぞれの2次元位置を干涉計システムで計測し、記憶手段に記憶された第1基板ステージと第2基板ステージとが互いに干渉する干涉条件に基づいて、制御手段により干涉計システムの計測値をモニタしつつ両ステージを干渉させないように移動制御される。従って、2つのステージを独立して移動させながら2つの動作を並行処理する場合であっても、2つのステージが接触（干渉）するのを防止することができる。

【0047】請求項8に記載の発明の如く、前記投影光学系（PL）とは別に設けられ、前記基板ステージ（WS1、WS2）上又は前記基板ステージ（WS1、WS2）に保持された感応基板（W1、W2）上のマークを検出するアライメント系と；前記第1基板ステージ及び第2基板ステージ（WS1、WS2）との間で感応基板（W1、W2）の受け渡しを行う搬送システム（180～200）とをさらに有し、前記制御手段（90）は、前記干涉条件に基づいて前記干涉計システム（例えば測長軸BI1X～BI4Y）の計測値をモニタしつつ、前記一方の基板ステージ（WS1又はWS2）が前記搬送システム（180～200）との間で感応基板（W1、W2）の受け渡し動作及び前記アライメント系によるマーク検出動作のうち少なくとも一方の動作を行っている間に、前記他方の基板ステージ（WS2又はWS1）が前記投影光学系（PL）により露光動作が行われるように前記2つの基板ステージ（WS1、WS2）の動作を制御する際に、両ステージ（WS1、WS2）同士が干渉する位置に来た場合、前記両ステージ（WS1、WS2）において動作終了までの時間が長くなる方のステージ（WS1又はWS2）を両ステージ（WS1、WS2）が干渉しない位置関係になるまで優先的に移動させ、その間動作終了までの時間が短い方のステージ（WS2又はWS1）を待機させるように制御することを特徴とする。

【0048】これによれば、制御手段により干涉条件に基づいて干涉計システムの計測値をモニタしながら、一方の基板ステージで感応基板の受け渡し動作とマーク検出動作のうち少なくとも一方の動作を行っている間に、他方の基板ステージで露光動作が行われるように両基板

ステージの動作を制御する際に、両ステージ同士が干渉する位置に来到、両ステージの動作終了までの時間の長い方のステージを両ステージが干渉しない位置関係に来到まで優先的に移動させ、動作終了までの時間の短い方のステージを待機させるように制御する。従って、2つのステージを独立して移動しながら2つの動作を並行処理する最中に、例え干渉するような状況が生じたとしても、両ステージの動作終了まで時間を比較し、一方のステージを優先的に移動させて他方のステージを待機させることにより、スループットを低下させることなく2つのステージの干渉を防止することができる。

【0049】請求項9に記載の発明の如く、マスク(R)のパターン像を投影光学系(PL)を介して感応基板(W1、W2)上に投影露光する投影露光方法であって、感応基板(W1、W2)を保持して2次元平面内を各々独立に移動可能な2つの基板ステージを用意し、前記一方のステージ(WS1又はWS2)に保持された感応基板(W1又はW2)に対する前記マスクのパターン像の投影露光中に、前記他方のステージ(WS2又はWS1)を静止させて前記他方のステージ(WS2又はWS1)上のマーク又は前記他方のステージ(WS2又はWS1)上に保持された感応基板(W1又はW2)上のマークを検出することを特徴とする。

【0050】これによれば、2つの基板ステージのうち、一方のステージに保持された感応基板に対するマスクのパターン像の投影露光中に、他方のステージを静止させて他方のステージ上のマーク又は他方のステージ上に保持された感応基板のマークを検出するようにする。従って、2つのステージを使って一方のステージで投影露光動作を行っている間に、他方のステージでは静止状態でマーク検出動作を行うようにするため、互いに他のステージで行われる動作の影響を受けることなく高精度な露光動作とマーク検出動作とを並行処理してスループットを向上させることができる。

【0051】請求項10に記載の発明の如く、マスク(R)のパターン像を投影光学系(PL)を介して感応基板(W1、W2)上に投影露光する投影露光方法であって、感応基板(W1、W2)を保持して同一の2次元平面内を各々独立に移動可能な2つの基板ステージを用意し、前記2つの基板ステージ(WS1、WS2)のうちの一方のステージ(WS1又はWS2)に保持された感応基板(W1、W2)上の複数ヶ所に前記マスク(R)のパターン像を順次投影露光するのに並行して、他方のステージ(WS2又はWS1)上に保持された感応基板(W1、W2)上の複数のマークを順次検出する際に、前記2つの基板ステージ(WS1、WS2)が干渉しないように前記他方のステージ(WS2又はWS1)に保持された感応基板(W1、W2)上のマークの検出順序を決定することを特徴とする。

【0052】これによれば、感応基板を保持して2次元

平面内を独立して移動可能な2つの基板ステージのうち、一方のステージの感応基板の複数ヶ所にマスクのパターン像を順次投影露光すると並行して、他方のステージ上に保持された感応基板の複数のマークが順次検出される場合、2つの基板ステージ同士が干渉しないように他方のステージに保持された感応基板のマーク検出順序を決定するようにする。従って、順次投影露光が行われる方のステージの動きに合わせて、マーク検出順序が決定されるため、2つのステージ同士の干渉が防止されるとともに、動作を並行処理することによりスループットを向上させることができる。

【0053】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態を図1ないし図15に基づいて説明する。

【0054】図1には、一実施形態に係る投影露光装置10の概略構成が示されている。この投影露光装置10は、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式の走査露光型の投影露光装置である。

【0055】この投影露光装置10は、ベース盤12上を感応基板としてのウエハW1、W2をそれぞれ保持して独立して2次元方向に移動する第1、第2の基板ステージとしてのウエハステージWS1、WS2を備えたステージ装置、このステージ装置の上方に配置された投影光学系PL、投影光学系PLの上方でマスクとしてのレチクルRを主として所定の走査方向、ここではY軸方向(図1における紙面直交方向)に駆動するレチクル駆動機構、レチクルRを上方から照明する照明系及びこれら各部を制御する制御系等を備えている。

【0056】前記ステージ装置は、ベース盤12上に不図示の空気軸受けを介して浮上支持され、X軸方向(図1における紙面左右方向)及びY軸方向(図1における紙面直交方向)に独立して2次元移動可能な2つのウエハステージWS1、WS2と、これらのウエハステージWS1、WS2を駆動するステージ駆動系と、ウエハステージWS1、WS2の位置を計測する干渉計システムとを備えている。

【0057】これをさらに詳述すると、ウエハステージWS1、WS2の底面には不図示のエアパッド(例えば、真空予圧型空気軸受け)が複数ヶ所に設けられており、このエアパッドの空気噴き出し力と真空予圧力とのバランスにより例えば数ミクロンの間隔を保った状態で、ベース盤12上に浮上支持されている。

【0058】ベース盤12上には、図3の平面図に示されるように、X軸方向に延びる2本のX軸リニアガイド(例えば、いわゆるムービングコイル型のリニアモータの固定側マグネットのようなもの)122、124が平行に設けられており、これらのX軸リニアガイド122、124には、当該各X軸リニアガイドに沿って移動可能な各2つの移動部材114、118及び116、120がそれぞれ取り付けられている。これら4つの移動

部材114、118、116、120の底面部には、X軸リニアガイド122又は124を上方及び側方から囲むように不図示の駆動コイルがそれぞれ取り付けられており、これらの駆動コイルとX軸リニアガイド122又は124とによって、各移動部材114、116、118、120をX軸方向に駆動するムービングコイル型のリニアモータが、それぞれ構成されている。但し、以下の説明では、便宜上、上記移動部材114、116、118、120をX軸リニアモータと呼ぶものとする。

【0059】この内2つのX軸リニアモータ114、116は、Y軸方向に延びるY軸リニアガイド（例えば、ムービングマグネット型のリニアモータの固定側コイルのようなもの）110の両端にそれぞれ設けられ、また、残り2つのX軸リニアモータ118、120は、Y軸方向に延びる同様のY軸リニアガイド112の両端に固定されている。従って、Y軸リニアガイド110は、X軸リニアモータ114、116によってX軸リニアガイド122、124に沿って駆動され、またY軸リニアガイド112は、X軸リニアモータ118、120によってX軸リニアガイド122、124に沿って駆動されるようになっている。

【0060】一方、ウエハステージWS1の底部には、一方のY軸リニアガイド110を上方及び側方から囲む不図示のマグネットが設けられており、このマグネットとY軸リニアガイド110とによってウエハステージWS1をY軸方向に駆動するムービングマグネット型のリニアモータが構成されている。また、ウエハステージWS2の底部には、他方のY軸リニアガイド112を上方及び側方から囲む不図示のマグネットが設けられており、このマグネットとY軸リニアガイド112とによってウエハステージWS2をY軸方向に駆動するムービングマグネット型のリニアモータが構成されている。

【0061】すなわち、本実施形態では、上述したX軸リニアガイド122、124、X軸リニアモータ114、116、118、120、Y軸リニアガイド110、112及びウエハステージWS1、WS2底部の不図示のマグネット等によってウエハステージWS1、WS2を独立してXY2次元駆動するステージ駆動系が構成されている。このステージ駆動系は、図1のステージ制御装置38によって制御される。

【0062】なお、Y軸リニアガイド110の両端に設けられた一対のX軸リニアモータ114、116のトルクを若干可変する事で、ウエハステージWS1に微小ヨーイングを発生させたり、除去する事も可能である。同様に、Y軸リニアガイド112の両端に設けられた一対のX軸リニアモータ118、120のトルクを若干可変する事で、ウエハステージWS2に微小ヨーイングを発生させたり、除去する事も可能である。

【0063】前記ウエハステージWS1、WS2上には、不図示のウエハホルダを介してウエハW1、W2が

真空吸着等により固定されている。ウエハホルダは、不図示のZ・ θ 駆動機構によって、XY平面に直交するZ軸方向及び θ 方向（Z軸回りの回転方向）に微小駆動されるようになっている。また、ウエハステージWS1、WS2の上面には、種々の基準マークが形成された基準マーク板FM1、FM2がウエハW1、W2とそれぞれほぼ同じ高さになるように設置されている。これらの基準マーク板FM1、FM2は、例えば各ウエハステージの基準位置を検出する際に用いられる。

【0064】また、ウエハステージWS1のX軸方向一侧の面（図1における左側面）20とY軸方向一侧の面（図1における紙面奥側の面）21とは、鏡面仕上げがなされた反射面となっており、同様に、ウエハステージWS2のX軸方向他側の面（図1における右側面）22とY軸方向の一侧の面23とは、鏡面仕上げがなされた反射面となっている。これらの反射面に、後述する干渉計システムを構成する各測長軸（BI1X、BI2X等）の干渉計ビームが投射され、その反射光を各干渉計で受光することにより、各反射面の基準位置（一般には投影光学系側面やアライメント光学系の側面に固定ミラーを配置し、そこを基準面とする）からの変位を計測し、これにより、ウエハステージWS1、WS2の2次元位置がそれぞれ計測されるようになっている。なお、干渉計システムの測長軸の構成については、後に詳述する。

【0065】前記投影光学系PLとしては、ここでは、Z軸方向の共通の光軸を有する複数枚のレンズエレメントから成り、両側テレセントリックで所定の縮小倍率、例えば1/5を有する屈折光学系が使用されている。このため、ステップ・アンド・スキャン方式の走査露光時におけるウエハステージの走査方向の移動速度は、レチクルステージの移動速度の1/5となる。

【0066】この投影光学系PLのX軸方向の両側には、図1に示されるように、同じ機能を持ったオフアクシス（off-axis）方式のアライメント系24a、24bが、投影光学系PLの光軸中心（レチクルパターン像の投影中心と一致）よりそれぞれ同一距離だけ離れた位置に設置されている。これらのアライメント系24a、24bは、LSA（Laser Step Alignment）系、FIA（Filed Image Alignment）系、LIA（Laser Interferometric Alignment）系の3種類のアライメントセンサを有しており、基準マーク板上の基準マーク及びウエハ上のアライメントマークのX、Y2次元方向の位置計測を行うことが可能である。

【0067】ここで、LSA系は、レーザ光をマークに照射して、回折・散乱された光を利用してマーク位置を計測する最も汎用性のあるセンサであり、従来から幅広いプロセスウエハに使用される。FIA系は、ハロゲンランプ等のブロードバンド（広帯域）光でマークを照明し、このマーク画像を画像処理することによってマーク

位置を計測するセンサであり、アルミ層やウエハ表面の非対称マークに有効に使用される。また、LIA系は、回折格子状のマークに周波数をわずかに変えたレーザ光を2方向から照射し、発生した2つの回折光を干渉させて、その位相からマークの位置情報を検出するセンサであり、低段差や表面荒れウエハに有効に使用される。

【0068】本実施形態では、これら3種類のアライメントセンサを、適宜目的に応じて使い分け、ウエハ上の3点の一次元マークの位置を検出してウエハの概略位置計測を行ういわゆるサーチアライメントや、ウエハ上の各ショット領域の正確な位置計測を行うファインアライメント等を行うようになっている。

【0069】この場合、アライメント系24aは、ウエハステージWS1上に保持されたウエハW1上のアライメントマーク及び基準マーク板FM1上に形成された基準マークの位置計測等に用いられる。また、アライメント系24bは、ウエハステージWS2上に保持されたウエハW2上のアライメントマーク及び基準マーク板FM2上に形成された基準マークの位置計測等に用いられる。

【0070】これらのアライメント系24a、24bを構成する各アライメントセンサからの情報は、アライメント制御装置80によりA/D変換され、デジタル化された波形信号を演算処理してマーク位置が検出される。この結果が主制御装置90に送られ、主制御装置90からその結果に応じてステージ制御装置38に対し露光時の同期位置補正等が指示されるようになっている。

【0071】さらに、本実施形態の露光装置10では、図1では図示を省略したが、レチクルRの上方に、図5に示されるような、投影光学系PLを介してレチクルR上のレチクルマーク（図示省略）と基準マーク板FM1、FM2上のマークとを同時に観察するための露光波長を用いたTTR（Through The Reticle）アライメント光学系から成る一対のレチクルアライメント顕微鏡142、144が設けられている。これらのレチクルアライメント顕微鏡142、144の検出信号は、主制御装置90に供給されるようになっている。この場合、レチクルRからの検出光をそれぞれレチクルアライメント顕微鏡142及び144に導くための偏向ミラー146及び148が移動自在に配置され、露光シーケンスが開始されると、主制御装置90からの指令のもとで、不図示のミラー駆動装置によりそれぞれ偏向ミラー146及び148が待避される。なお、レチクルアライメント顕微鏡142、144と同等の構成は、例えば特開平7-176468号公報等に開示されているのでここでは詳細な説明については省略する。

【0072】また、図1では図示を省略したが、投影光学系PL、アライメント系24a、24bのそれぞれには、図4に示されるように、合焦位置を調べるためのオートフォーカス／オートレベリング計測機構（以下、

「AF/AL系」という）130、132、134が設けられている。この内、AF/AL系132は、スキャン露光によりレチクルR上のパターンをウエハ（W1又はW2）上に正確に転写するには、レチクルR上のパターン形成面とウエハWの露光面とが投影光学系PLに関して共役になっている必要があることから、ウエハWの露光面が投影光学系PLの像面に焦点深度の範囲内で合致しているかどうか（合焦しているかどうか）を検出するために、設けられているものである。本実施形態では、AF/AL系132として、いわゆる多点AF系が使用されている。

【0073】ここで、このAF/AL系132を構成する多点AF系の詳細構成について、図5及び図6に基づいて説明する。

【0074】このAF/AL系（多点AF系）132は、図5に示されるように、光ファイバ束150、集光レンズ152、パターン形成板154、レンズ156、ミラー158及び照射対物レンズ160から成る照射光学系151と、集光対物レンズ162、回転方向振動板164、結像レンズ166、受光器168から成る集光光学系161とから構成されている。

【0075】ここで、このAF/AL系（多点AF系）132の上記構成各部についてその作用と共に説明する。

【0076】露光光ELとは異なるウエハW1（又はW2）上のフォトレジストを感光させない波長の照明光が、図示しない照明光源から光ファイバ束150を介して導かれ、この光ファイバ束150から射出された照明光が、集光レンズ152を経てパターン形成板154を照明する。このパターン形成板154を透過した照明光は、レンズ156、ミラー158及び照射対物レンズ160を経てウエハWの露光面に投影され、ウエハW1（又はW2）の露光面に対してパターン形成板154上のパターンの像が光軸AXに対して斜めに投影結像される。ウエハW1で反射された照明光は、集光対物レンズ162、回転方向振動板164及び結像レンズ166を経て受光器168の受光面に投影され、受光器168の受光面にパターン形成板154上のパターンの像が再結像される。ここで、主制御装置90は、加振装置172を介して回転方向振動板164に所定の振動を与えると同時に、受光器168の多数（具体的には、パターン形成板154のスリットパターンと同数）の受光素子からの検出信号を信号処理装置170に供給する。また、信号処理装置170は、各検出信号を加振装置172の駆動信号で同期検波して得た多数のフォーカス信号をステージ制御装置38を介して主制御装置90へ供給する。

【0077】この場合、パターン形成板154には、図6に示されるように、例えば5×9=45個の上下方向のスリット状の開口パターン93-11～93-59が形成されており、これらのスリット状の開口パターンの

像がウエハWの露光面上にX軸及びY軸に対して斜め(45°)に投影される。この結果、図4に示されるようなX軸及びY軸に対して45°に傾斜したマトリクス配置のスリット像が形成される。なお、図4における符号IFは、照明系により照明されるレチクル上の照明領域と共役なウエハ上の照明フィールドを示す。この図4からも明らかなように、投影光学系PL下の照明フィールドIFより2次的に十分大きいエリアに検出用ビームが照射されている。

【0078】その他のAF/AL系130、134も、このAF/AL系132と同様に構成されている。すなわち、本実施形態では、露光時の焦点検出に用いられるAF/AL系132とはほぼ同一の領域をアライメントマークの計測時に用いられるAF/AL機構130、134によっても検出ビームが照射可能な構成となっている。このため、アライメント系24a、24bによるアライメントセンサの計測時に、露光時と同様のAF/AL系の計測、制御によるオートフォーカス/オートレベリングを実行しつつアライメントマークの位置計測を行うことにより、高精度なアライメント計測が可能になる。換言すれば、露光時とアライメント時との間で、ステージの姿勢によるオフセット(誤差)が発生しなくなる。

【0079】次に、レチクル駆動機構について、図1及び図2に基づいて説明する。

【0080】このレチクル駆動機構は、レチクルベース盤32上をレチクルRを保持してXYの2次元方向に移動可能なレチクルステージRSTと、このレチクルステージRSTを駆動する不図示のリニアモータと、このレチクルステージRSTの位置を管理するレチクル干涉計システムとを備えている。

【0081】これを更に詳述すると、レチクルステージRSTには、図2に示されるように、2枚のレチクルR1、R2がスキャン方向(Y軸方向)に直列に設置できるようになっており、このレチクルステージRSTは、不図示のエアーベアリング等を介してレチクルベース盤32上に浮上支持され、不図示のリニアモータ等から成る駆動機構30(図1参照)によりX軸方向の微小駆動、θ方向の微小回転及びY軸方向の走査駆動がなされるようになっている。なお、駆動機構30は、前述したステージ装置と同様のリニアモータを駆動源とする機構であるが、図1では図示の便宜上及び説明の便宜上から単なるブロックとして示しているものである。このため、レチクルステージRST上のレチクルR1、R2が例えば二重露光の際に選択的に使用され、いずれのレチクルについてもウエハ側と同期スキャンできる様な構成となっている。

【0082】このレチクルステージRST上には、X軸方向の他側の端部に、レチクルステージRSTと同じ素材(例えばセラミック等)から成る平行平板移動鏡34

がY軸方向に延設されており、この移動鏡34のX軸方向の他側の面には鏡面加工により反射面が形成されている。この移動鏡34の反射面に向けて測長軸BI6Xで示される干涉計36からの干涉計ビームが照射され、その干涉計ではその反射光を受光してウエハステージ側と同様に基準面に対する相対変位を計測することにより、レチクルステージRSTの位置を計測している。ここで、この測長軸BI6Xを有する干涉計は、実際には独立に計測可能な2本の干涉計光軸を有しており、レチクルステージのX軸方向の位置計測と、ヨイニング量の計測が可能となっている。この測長軸BI6Xを有する干涉計の計測値は、ウエハステージ側の測長軸BI1X、BI2Xを有する干涉計16、18からのウエハステージWS1、WS2のヨイニング情報やX位置情報に基づいてレチクルとウエハの相対回転(回転誤差)をキャンセルする方向にレチクルステージRSTを回転制御したり、X方向同期制御を行うために用いられる。

【0083】一方、レチクルステージRSTの走査方向(スキャン方向)であるY軸方向の他側(図1における紙面手前側)には、一対のコーナーキューブミラー35、37が設置されている。そして、不図示の一対のダブルパス干涉計から、これらのコーナーキューブミラー35、37に対して図2に測長軸BI7Y、BI8Yで示される干涉計ビームが照射され、レチクルベース盤32上の反射面にコーナーキューブミラー35、37より戻され、そこで反射したそれぞれの反射光が同一光路を戻り、それぞれのダブルパス干涉計で受光され、それぞれのコーナーキューブミラー35、37の基準位置(レファレンス位置で前記レチクルベース盤32上の反射面)からの相対変位が計測される。そして、これらのダブルパス干涉計の計測値が図1のステージ制御装置38に供給され、その平均値に基づいてレチクルステージRSTのY軸方向の位置が計測される。このY軸方向位置の情報は、ウエハ側の測長軸BI3Yを有する干涉計の計測値に基づくレチクルステージRSTとウエハステージWS1又はWS2との相対位置の算出、及びこれに基づく走査露光時の走査方向(Y軸方向)のレチクルとウエハの同期制御に用いられる。

【0084】すなわち、本実施形態では、干涉計36及び測長軸BI7Y、BI8Yで示される一対のダブルパス干涉計によってレチクル干涉計システムが構成されている。

【0085】次に、ウエハステージWST1、WST2の位置を管理する干涉計システムについて、図1ないし図3を参照しつつ説明する。

【0086】これらの図に示されるように、投影光学系PLの投影中心とアライメント系24a、24bのそれぞれの検出中心とを通る第1軸(X軸)に沿ってウエハステージWS1のX軸方向一側の面には、図1の干涉計16からの第1測長軸BI1Xで示される干涉計ビーム

が照射され、同様に、第1軸に沿ってウエハステージWS2のX軸方向の他側の面には、図1の干渉計18からの第2測長軸BI2Xで示される干渉計ビームが照射されている。そして、干渉計16、18ではこれらの反射光を受光することにより、各反射面の基準位置からの相対変位を計測し、ウエハステージWS1、WS2のX軸方向位置を計測するようになっている。ここで、干渉計16、18は、図2に示されるように、各3本の光軸を有する3軸干渉計であり、ウエハステージWS1、WS2のX軸方向の計測以外に、チルト計測及び θ 計測が可能となっている。各光軸の出力値は独立に計測できるようになっている。ここで、ウエハステージWS1、WS2の θ 回転を行う不図示の θ ステージ及びZ軸方向の微小駆動及び傾斜駆動を行う不図示のZ・レベリングステージは、実際には、反射面(20~23)の下にあるので、ウエハステージのチルト制御時の駆動量は全て、これらの干渉計16、18によりモニターする事ができる。

【0087】なお、第1測長軸BI1X、第2測長軸BI2Xの各干渉計ビームは、ウエハステージWS1、WS2の移動範囲の全域で常にウエハステージWS1、WS2に当たるようになっており、従って、X軸方向については、投影光学系PLを用いた露光時、アライメント系24a、24bの使用時等いずれのときにもウエハステージWS1、WS2の位置は、第1測長軸BI1X、第2測長軸BI2Xの計測値に基づいて管理される。

【0088】また、図2及び図3に示されるように、投影光学系PLの投影中心で第1軸(X軸)と垂直に交差する第3測長軸BI3Yを有する干渉計と、アライメント系24a、24bのそれぞれの検出中心で第1軸(X軸)とそれぞれ垂直に交差する第4測長軸としての測長軸BI4Y、BI5Yをそれぞれ有する干渉計とが設けられている(但し、図中では測長軸のみが図示されている)。

【0089】本実施形態の場合、投影光学系PLを用いた露光時のウエハステージWS1、WS2のY方向位置計測には、投影光学系の投影中心、すなわち光軸AXを通過する測長軸BI3Yの干渉計の計測値が用いられ、アライメント系24aの使用時のウエハステージWS1のY方向位置計測には、アライメント系24aの検出中心、すなわち光軸SXを通過する測長軸BI4Yの干渉計の計測値が用いられ、アライメント系24b使用時のウエハステージWS2のY方向位置計測には、アライメント系24bの検出中心、すなわち光軸SXを通過する測長軸BI5Yの干渉計の計測値が用いられる。

【0090】従って、各使用条件により、Y軸方向の干渉計測長軸がウエハステージWS1、WS2の反射面より外れる事となるが、少なくとも一つの測長軸、すなわち測長軸BI1X、BI2XはそれぞれのウエハステージWS1、WS2の反射面から外れることがないので、

使用する干渉計光軸が反射面上に入った適宜な位置でY側の干渉計のリセットを行うことができる。この干渉計のリセット方法については、後に詳述する。

【0091】なお、上記Y計測用の測長軸BI3Y、BI4Y、BI5Yの各干渉計は、各2本の光軸を有する2軸干渉計であり、ウエハステージWS1、WS2のY軸方向の計測以外に、チルト計測が可能となっている。各光軸の出力値は独立に計測できるようになっている本実施形態では、干渉計16、18及び測長軸BI3Y、BI4Y、BI5Yを有する3つの干渉計の合計5つの干渉計によって、ウエハステージWS1、WS2の2次元座標位置を管理する干渉計システムが構成されている。

【0092】また、本実施形態では、後述するように、ウエハステージWS1、WS2の内一方が露光シーケンスを実行している間、他方はウエハ交換、ウエハアライメントシーケンスを実行するが、この際に両ステージ同士が干渉しないように、各干渉計の出力値に基づいて主制御装置90の指令に応じてステージ制御装置38により、ウエハステージWS1、WS2の移動が管理されている。

【0093】さらに、図1に示される主制御装置90には、ウエハステージWS1、WS2の移動を管理するための条件式(例えば、干渉化条件)等が記憶された記憶手段としてのメモリ91が設けられている。

【0094】次に、照明系について、図1に基づいて説明する。この照明系は、図1に示されるように、光源部40、シャッタ42、ミラー44、ビームエキスパンダ46、48、第1フライアイレンズ50、レンズ52、振動ミラー54、レンズ56、第2フライアイレンズ58、レンズ60、固定ブラインド62、可動ブラインド64、リレーレンズ66、68等から構成されている。

【0095】ここで、この照明系の上記構成各部についてその作用とともに説明する。

【0096】光源であるKrFエキシマレーザと減光システム(減光板、開口絞り等)よりなる光源部40から射出されたレーザ光は、シャッタ42を透過した後、ミラー44により偏向されて、ビームエキスパンダ46、48により適当なビーム径に整形され、第1フライアイレンズ50に入射される。この第1フライアイレンズ50に入射された光束は、2次元的に配列されたフライアイレンズの要素により複数の光束に分割され、レンズ52、振動ミラー54、レンズ56により再び各光束が異なった角度より第2フライアイレンズ58に入射される。この第2フライアイレンズ58より射出された光束は、レンズ60により、レチクルRと共役な位置に設置された固定ブラインド62に達し、ここで所定形状にその断面形状が規定された後、レチクルRの共役面から僅かにデフォーカスされた位置に配置された可動ブラインド64を通過し、リレーレンズ66、68を経て均

一な照明光として、レチクルR上の上記固定ブラインド62によって規定された所定形状、ここでは矩形スリット状の照明領域IA(図2参照)を照明する。

【0097】次に、制御系について図1に基づいて説明する。この制御系は、装置全体を統括的に制御する主制御装置90を中心に、この主制御装置90の配下にある露光量制御装置70及びステージ制御装置38等から構成されている。

【0098】ここで、制御系の上記構成各部の動作を中心に本実施形態に係る投影露光装置10の露光時の動作について説明する。

【0099】露光量制御装置70は、レチクルRとウエハ(W1又はW2)との同期走査が開始されるのに先立って、シャッタ駆動装置72に指示してシャッタ駆動部74を駆動させてシャッタ42をオープンする。

【0100】この後、ステージ制御装置38により、主制御装置90の指示に応じてレチクルRとウエハ(W1又はW2)、すなわちレチクルステージRSTとウエハステージ(WS1又はWS2)の同期走査(スキャン制御)が開始される。この同期走査は、前述した干渉計システムの測長軸BI3Yと測長軸BI1X又はBI2X及びレチクル干渉計システムの測長軸BI7Y、BI8Yと測長軸BI6Xの計測値をモニタしつつ、ステージ制御装置38によってレチクル駆動部30及びウエハステージの駆動系を構成する各リニアモータを制御することにより行われる。

【0101】そして、両ステージが所定の許容誤差以内に等速度制御された時点で、露光量制御装置70では、レーザ制御装置76に指示してパルス発光を開始させる。これにより、照明系からの照明光により、その下面にパターンがクロム蒸着されたレチクルRの前記矩形の照明領域IAが照明され、その照明領域内のパターンの像が投影光学系PLにより1/5倍に縮小され、その表面にフォトリソが塗布されたウエハ(W1又はW2)上に投影露光される。ここで、図2からも明かなように、レチクル上のパターン領域に比べ照明領域IAの走査方向のスリット幅は狭く、上記のようにレチクルRとウエハ(W1又はW2)とを同期走査することで、パターンの全面の像がウエハ上のショット領域に順次形成される。

【0102】ここで、前述したパルス発光の開始と同時に、露光量制御装置70は、ミラー駆動装置78に指示して振動ミラー54を駆動させ、レチクルR上のパターン領域が完全に照明領域IA(図2参照)を通過するまで、すなわちパターンの全面の像がウエハ上のショット領域に形成されるまで、連続してこの制御を行うことで2つのフライアイレンズ50、58で発生する干渉縞のムラ低減を行う。

【0103】また、上記の走査露光中にショットエッジ部でのレチクル上の遮光領域よりも外に照明光が漏れな

いように、レチクルRとウエハWのスキャンと同期して可動ブラインド64がブラインド制御装置39によって駆動制御されており、これらの一連の同期動作がステージ制御装置38により管理されている。

【0104】ところで、上述したレーザ制御装置76によるパルス発光は、ウエハW1、W2上の任意の点が照明フィールド幅(w)を通過する間にn回(nは正の整数)発光する必要があるため、発振周波数をfとし、ウエハスキャン速度をVとすると、次式(2)を満たす必要がある。

$$f/n = V/w \quad \text{..... (2)}$$

また、ウエハ上に照射される1パルスの照射エネルギーをPとし、レジスト感度をEとすると、次式(3)を満たす必要がある。

$$nP = E \quad \text{..... (3)}$$

このように、露光量制御装置70は、照射エネルギーPや発振周波数fの可変量について全て演算を行い、レーザ制御装置76に対して指令を出して光源部40内に設けられた減光システムを制御することによって照射エネルギーPや発振周波数fを可変させたり、シャッタ駆動装置72やミラー駆動装置78を制御するように構成されている。

【0107】さらに、主制御装置90では、例えば、スキャン露光時に同期走査を行うレチクルステージとウエハステージの移動開始位置(同期位置)を補正する場合、各ステージを移動制御するステージ制御装置38に対して補正量に応じたステージ位置の補正を指示する。

【0108】更に、本実施形態の投影露光装置では、ウエハステージWS1との間でウエハの交換を行う第1の搬送システムと、ウエハステージWS2との間でウエハ交換を行う第2の搬送システムとが設けられている。

【0109】第1の搬送システムは、図7に示されるように、左側のウエハローディング位置にあるウエハステージWS1との間で後述するようにしてウエハ交換を行う。この第1の搬送システムは、Y軸方向に延びる第1のローディングガイド182、このローディングガイド182に沿って移動する第1のスライド186及び第2のスライド190、第1のスライド186に取り付けられた第1のアンロードアーム184、第2のスライド190に取り付けられた第1のロードアーム188等を含んで構成される第1のウエハローダと、ウエハステージWS1上に設けられた3本の上下動部材から成る第1のセンターアップ180とから構成される。

【0110】ここで、この第1の搬送システムによるウエハ交換の動作について、簡単に説明する。

【0111】ここでは、図7に示されるように、左側のウエハローディング位置にあるウエハステージWS1上にあるウエハW1'と第1のウエハローダにより搬送されてきたウエハW1とが交換される場合について説明する。

【0112】まず、主制御装置90では、ウエハステージWS1上の不図示のウエハホルダのパキュムを不図示のスイッチを介してオフし、ウエハW1'の吸着を解除する。

【0113】次に、主制御装置90では、不図示のセンターアップ駆動系を介してセンターアップ180を所定量上昇駆動する。これにより、ウエハW1'が所定位置まで持ち上げられる。この状態で、主制御装置90では、不図示のウエハローダ制御装置に第1のアンロードアーム184の移動を指示する。これにより、ウエハローダ制御装置により第1のスライダ186が駆動制御され、第1のアンロードアーム184がローディングガイド182に沿ってウエハステージWS1上まで移動してウエハW1'の真下に位置する。

【0114】この状態で、主制御装置90では、センターアップ180を所定位置まで下降駆動させる。このセンターアップ180の下降の途中で、ウエハW1'が第1のアンロードアーム184に受け渡されるので、主制御装置90ではウエハローダ制御装置に第1のアンロードアーム184のパキュム開始を指示する。これにより、第1のアンロードアーム184にウエハW1'が吸着保持される。

【0115】次に、主制御装置90では、ウエハローダ制御装置に第1のアンロードアーム184の退避と第1のロードアーム188の移動開始を指示する。これにより、第1のスライダ186と一体的に第1のアンロードアーム184が図7の-Y方向に移動を開始すると同時に第2のスライダ190がウエハW1を保持した第1のロードアーム188と一体的に+Y方向に移動を開始する。そして、第1のロードアーム188がウエハステージWS1の上方に来たとき、ウエハローダ制御装置により第2のスライダ190が停止されるとともに第1のロードアーム188のパキュムが解除される。

【0116】この状態で、主制御装置90ではセンターアップ180を上昇駆動し、センターアップ180によりウエハW1を下方から持ち上げさせる。次いで、主制御装置90ではウエハローダ制御装置にロードアームの退避を指示する。これにより、第2のスライダ190が第1のロードアーム188と一体的に-Y方向に移動を開始して第1のロードアーム188の退避が行われる。この第1のロードアーム188の退避開始と同時に主制御装置90では、センターアップ180の下降駆動を開始してウエハW1をウエハステージWS1上の不図示のウエハホルダに載置させ、当該ウエハホルダのパキュムをオンにする。これにより、ウエハ交換の一連のシーケンスが終了する。

【0117】第2の搬送システムは、同様に、図8に示されるように、右側のウエハローディング位置にあるウエハステージWS2との間で上述と同様にしてウエハ交換を行う。この第2の搬送システムは、Y軸方向に延び

る第2のローディングガイド192、この第2のローディングガイド192に沿って移動する第3のスライダ196及び第4のスライダ200、第3のスライダ196に取り付けられた第2のアンロードアーム194、第4のスライダ200に取り付けられた第2のロードアーム198等を含んで構成される第2のウエハローダと、ウエハステージWS2上に設けられた不図示の第2のセンターアップとから構成される。

【0118】次に、図7及び図8に基づいて、本実施形態の特徴である2つのウエハステージによる並行処理について説明する。

【0119】図7には、ウエハステージWS2上のウエハW2を投影光学系PLを介して露光動作を行っている間に、左側ローディング位置にて上述の様にウエハステージWS1と第1の搬送システムとの間でウエハの交換が行われている状態の平面図が示されている。この場合、ウエハステージWS1上では、ウエハ交換に引き続いて後述するようにアライメント動作が行われる。なお、図7において、露光動作中のウエハステージWS2の位置制御は、干渉計システムの測長軸BI2X、BI3Yの計測値に基づいて行われ、ウエハ交換とアライメント動作が行われるウエハステージWS1の位置制御は、干渉計システムの測長軸BI1X、BI4Yの計測値に基づいて行われる。

【0120】この図7に示される左側のローディング位置ではアライメント系24aの真下にウエハステージWS1の基準マーク板FM1上の基準マークが来るような配置となっている。このため、主制御装置90では、アライメント系24aにより基準マーク板FM1上の基準マークを計測する以前に、干渉計システムの測長軸BI4Yの干渉計のリセットを実施している。

【0121】上述したウエハ交換、干渉計のリセットに引き続いて、サーチアライメントが行われる。そのウエハ交換後に行われるサーチアライメントとは、ウエハW1の搬送中になされるアリアライメントだけでは位置誤差が大きいため、ウエハステージWS1上で再度行われるアリアライメントのことである。具体的には、ステージWS1上に載置されたウエハW1上に形成された3つのサーチアライメントマーク（図示せず）の位置をアライメント系24aのLSA系のセンサ等を用いて計測し、その計測結果に基づいてウエハW1のX、Y、 θ 方向の位置合わせを行う。このサーチアライメントの際の各部の動作は、主制御装置90により制御される。

【0122】このサーチアライメントの終了後、ウエハW1上の各ショット領域の配列をここではEGAを使って求めるファインアライメントが行われる。具体的には、干渉計システム（測長軸BI1X、BI4Y）により、ウエハステージWS1の位置を管理しつつ、設計上のショット配列データ（アライメントマーク位置データ）をもとに、ウエハステージWS1を順次移動させつ

つ、ウエハW1上の所定のサンプルショットのアライメントマーク位置をアライメント系24aのFIA系のセンサ等で計測し、この計測結果とショット配列の設計座標データに基づいて最小自乗法による統計演算により、全てのショット配列データを演算する。なお、このEGAの際の各部の動作は主制御装置90により制御され、上記の演算は主制御装置90により行われる。なお、この演算結果は、基準マーク板FM1の基準マーク位置を基準とする座標系に変換しておくことが望ましい。

【0123】本実施形態の場合、前述したように、アライメント系24aによる計測時に、露光時と同じAF/AL系132(図4参照)の計測、制御によるオートフォーカス/オートレベリングを実行しつつアライメントマークの位置計測が行われ、アライメント時と露光時との間にステージの姿勢によるオフセット(誤差)を生じさせないようにすることができる。

【0124】ウエハステージWS1側で、上記のウエハ交換、アライメント動作が行われている間に、ウエハステージWS2側では、図9に示されるような2枚のレチクルR1、R2を使い、露光条件を変えながら連続してステップ・アンド・スキャン方式により二重露光が行われる。

【0125】具体的には、前述したウエハW1側と同様にして、事前にEGAによるファインアライメントが行われており、この結果得られたウエハW2上のショット配列データ(基準マーク板FM2上の基準マークを基準とする)に基づいて、順次ウエハW2上のショット領域を投影光学系PLの光軸下方に移動させた後、各ショット領域の露光の都度、レチクルステージRSTとウエハステージWS2とを走査方向に同期走査させることにより、スキャン露光が行われる。このようなウエハW2上の全ショット領域に対する露光がレチクル交換後にも連続して行われる。具体的な二重露光の露光順序としては、図10(A)に示されるように、ウエハW1の各ショット領域をレチクルR2(Aパターン)を使ってA1~A12まで順次スキャン露光を行った後、駆動系30を用いてレチクルステージRSTを走査方向に所定量移動してレチクルR1(Bパターン)を露光位置に設定した後、図10(B)に示されるB1~B12の順序でスキャン露光を行う。この時、レチクルR2とレチクルR1では露光条件(AF/AL、露光量)や透過率が異なるので、レチクルアライメント時にそれぞれの条件を計測し、その結果に応じて条件の変更を行う必要がある。

【0126】このウエハW2の二重露光中の各部の動作も主制御装置90によって制御される。

【0127】上述した図7に示す2つのウエハステージWS1、WS2上で並行して行われる露光シーケンスとウエハ交換・アライメントシーケンスとは、先に終了したウエハステージの方が待ち状態となり、両方の動作が終了した時点で図8に示す位置までウエハステージWS

1、WS2が移動制御される。そして、露光シーケンスが終了したウエハステージWS2上のウエハW2は、右側ローディングポジションでウエハ交換がなされ、アライメントシーケンスが終了したウエハステージWS1上のウエハW1は、投影光学系PLの下で露光シーケンスが行われる。

【0128】図8に示される右側ローディングポジションでは、左側ローディングポジションと同様にアライメント系24bの下に基準マーク板FM2上の基準マークが来るように配置されており、前述のウエハ交換動作とアライメントシーケンスとが実行される事となる。勿論、干渉計システムの測長軸BI5Yの干渉計のリセット動作は、アライメント系24bによる基準マーク板FM2上のマーク検出に先立って実行されている。

【0129】次に、図7の状態から図8の状態へ移行する際の、主制御装置90による干渉計のリセット動作について説明する。

【0130】ウエハステージWS1は、左側ローディングポジションでアライメントを行った後に、図8に示される投影光学系PLの光軸AX中心(投影中心)の真下に基準マーク板FM1上の基準マークが来る位置まで移動されるが、この移動の途中で測長軸BI4Yの干渉計ビームが、ウエハステージWS1の反射面21に入射されなくなるので、アライメント終了後直ちに図8の位置までウエハステージを移動させることは困難である。このため、本実施形態では、次のような工夫をしている。

【0131】すなわち、先に説明したように、本実施形態では、左側ローディングポジションにウエハステージWS1がある場合に、アライメント系24aの真下に基準マーク板FM1が来るように設定されており、この位置で測長軸BI4Yの干渉計がリセットされているので、この位置までウエハステージWS1を一旦戻し、その位置から予めわかっているアライメント系24aの検出中心と投影光学系PLの光軸中心(投影中心)との距離(便宜上BLとする)にもとづいて、干渉計ビームの切れることのない測長軸BI1Xの干渉計16の計測値をモニタしつつ、ウエハステージWS1を距離BLだけX軸方向右側に移動させる。これにより、図8に示される位置までウエハステージWS1が移動されることになる。そして、主制御装置90では、レチクルアライメント顕微鏡142、144の少なくとも一方を用いて、基準マーク板FM1上のマークとレチクルマークとの相対位置関係を計測するのに先立って測長軸BI3Yの干渉計をリセットする。リセット動作は、次に使用する測長軸がウエハステージ側面を照射できるようになった時点で実行することができる。

【0132】このように、干渉計のリセット動作を行っても高精度アライメントが可能な理由は、アライメント系24aにより基準マーク板FM1上の基準マークを計測した後、ウエハW1上の各ショット領域のアライメン

トマークを計測することにより、基準マークと、ウエハマークの計測により算出された仮想位置との間隔を同一のセンサにより算出しているためである。この時点で基準マークと露光すべき位置の相対距離が求められていることから、露光前にレチクルアライメント顕微鏡142、144により露光位置と基準マーク位置との対応がとれていれば、その値に前記相対距離を加えることにより、Y軸方向の干渉計の干渉計ビームがウエハステージの移動中に切れて再度リセットを行ったとしても高精度な露光動作を行うことができるのである。

【0133】なお、アライメント終了位置から図8の位置にウエハステージWS1が移動する間に、測長軸BI4Yが切れないような場合には、測長軸BI1X、BI4Yの計測値をモニタしつつ、アライメント終了後に直ちに、図8の位置までウエハステージを直線的に移動させてもよいことは勿論である。この場合、ウエハステージWS1のY軸と直交する反射面21に投影光学系PLの光軸AXを通る測長軸BI3Yがかかった時点で干渉計のリセット動作を行うようにしても良い。

【0134】上記と同様にして、露光終了位置からウエハステージWS2を図8に示される右側のローディングポジションまで移動させ、測長軸BI5Yの干渉計のリセット動作を行えば良い。

【0135】また、本実施形態では、2つのウエハステージWS1、WS2を使って異なる動作を同時並行処理することから、一方のステージで行われる動作が他方のステージの動作に影響（外乱）を与える可能性がある。このため、2つのステージWS1、WS2上で行われる動作のタイミングを調整する必要がある。

【0136】次に、図11ないし図13を使って、2つのステージWS1、WS2上で行われる動作のタイミング調整について説明する。

【0137】図11には、ステージWS1上に保持されるウエハW1上の各ショット領域を順次露光する露光シーケンスのタイミングの一例が示され、図12には、これと並行処理されるステージWS2上に保持されるウエハW2上のアライメントシーケンスのタイミングが示されている。そして、本実施形態では、2つのステージWS1、WS2を独立して2次元方向に移動させながら、ウエハW1に対して露光シーケンスを行うとともに、これと並行してウエハW2に対してアライメントシーケンスを行うことにより、スループットの向上を図っている。

【0138】ところで、2つのステージWS1、WS2で行われる動作には、一方のステージ上で行われる動作が他方のステージ上の動作に影響を与える外乱要因動作と、逆に、一方のステージ上で行われる動作が他方のステージ上の動作に影響を与えない非外乱要因動作とがある。そこで、本実施形態では、並行処理が行われる動作の内、外乱要因動作と非外乱要因動作とに分けて、外乱

要因動作同士、あるいは非外乱要因動作同士をできるだけ同時に行うようにタイミング調整を図っている。

【0139】図13に示される動作のタイミング調整を開始するに当たって、まず、主制御装置90は、露光動作を行う投影光学系PLの露光位置にステージWS1に保持されたウエハW1の露光開始位置を合わせるとともに、アライメント動作が行われるアライメント系24bの検出位置にステージWS2に保持されたウエハW2上のマークの検出開始位置に合わせた状態で、ステージ上で実行される動作開始コマンドが入力されるのを待機している。

【0140】そして、主制御装置90は、その動作開始コマンドが入力されると、ステップS2においてウエハW1上で行われる露光動作が外乱要因とならない動作（非外乱要因動作）であるか否かを判断する。ここで、ウエハW1上で行われるスキャン露光動作は、ウエハW1とレチクルRとを等速で同期走査させることから、他のステージに影響を及ぼさない非外乱要因動作である。しかし、その等速スキャン前後の加減速域やショット領域間を移動する際のステッピング動作中は、ステージWS1を加速・減速駆動するため外乱要因動作となる。また、ウエハW2上でアライメント動作を行う場合は、アライメント系にマークを合わせて静止状態でマーク計測を行うため、他のステージに影響を及ぼすことのない非外乱要因動作となるが、計測するマーク間を移動するステッピング動作は、ステージWS2を加速・減速駆動するため外乱要因動作となる。

【0141】そこで、ステップS2において、ウエハW1上で行われる動作がスキャン露光中のように非外乱要因動作の場合は、他のステージWS2上でステッピング動作などの外乱要因動作が行われると露光精度が低下するため、ウエハW2上で並行処理される動作として外乱要因動作を排除する必要がある。従って、主制御装置90は、ステップS2の判断が肯定された場合、ウエハW2上で次に行われる動作が同時に実行可能な非外乱要因動作か否かを判断する（ステップS4）。ウエハW2上で同時に実行可能な非外乱要因動作としては、例えば、静止状態で行われるマーク検出動作がある。この場合には、上述した非外乱要因動作同士を同時に実行するようにする（ステップS6）。

【0142】また、ステップS4において、動作タイミングがずれたり、検出すべきマークが無い場合は、同時に実行可能な非外乱要因動作が無い場合、ステップS8に移ってウエハW1上でのスキャン露光動作を実行し、ウエハW2での処理動作を待機させる。そして、主制御装置90では、ステップS10においてウエハW1、W2上における非外乱要因動作が終了したか否かを判断し、終了していなければステップS6に戻って上記動作が繰り返し行われ、終了していれば次のステップS12で次の処理動作の有無が判断される。ステップS12に

において、次の処理動作がある場合は、ステップS2に戻って上記動作が繰り返され、また、次の処理動作が無い場合は終了する。

【0143】また、主制御装置90は、ステップS2において、ステージWS1をステッピング移動させてウエハW1上のショット領域間を移動する場合、これを外乱要因動作と判断してステップS14に移る。主制御装置90は、ウエハW2上で次に行われる動作が同時に実行可能な外乱要因動作か否かを判断する(ステップS14)。ウエハW2上で同時に実行可能な外乱要因動作としては、例えば、計測マーク間のステッピング移動などがある。そのため、ステップS16において上記した外乱要因動作同士を同時に実行するようにする。

【0144】また、ステップS14において、動作タイミングがずれたり、計測マーク間のステッピング移動が無い場合は、同時に実行可能な外乱要因動作が無いため、ステップS18に移ってウエハW1上でのステッピング動作を実行し、ウエハW2上での処理動作を待機させる。そして、主制御装置90では、ステップS20においてウエハW1、W2上における外乱要因動作が終了したか否かを判断し、終了していなければステップS16に戻って上記動作が繰り返され、終了していればステップS12に移って次に処理すべき動作の有無が判断される。ステップS12において、次の処理すべき動作がある場合は、再びステップS2に戻って上記動作が繰り返され、また、次に処理すべき動作が無い場合は終了する。

【0145】次に、図11及び図12を用いて、上記した2つのウエハW1、W2上における動作タイミングの一調整例を説明する。まず、図11に示されるウエハW1上では、一点鎖線の矢印に沿って動作番号「1、3、5、7、9、11、13、15、17、19、21、23」で示されるスキャン露光動作(非外乱要因動作)が順次行われる。また、図12に示されるウエハW2上では、このスキャン露光動作に同期するように、動作番号「1、3、5、7、9、11、13、15、17、19、21、23、……」で示される各アライメントマーク位置において静止状態でマーク計測動作(非外乱要因動作)が行われていることがわかる。一方、アライメントシーケンスにおいても、スキャン露光中は等速運動なので外乱とはならず、高精度計測が行えることになる。

【0146】なお、図12のアライメントシーケンス(EGA)では、各ショット領域毎に2点のアライメントマークを計測しているが、図中のアライメントマークに動作番号が入っていないものがある。これは、例えば最初のアライメントショットにおける下側マーク(図中の動作番号3)の近傍に、次のアライメントショットの上側マーク(図中の動作番号4の手前)がある場合は、上記下側マークと同時に上側マークを計測するか、あるいは他方のウエハステージWS1に対して同期精度に影

響を与えない程度の加速度でウエハステージWS2を微小距離移動させてから上側マークを計測するため、同じ動作番号(ここでは3)で表してある。これ以外のアライメントマークの動作番号についても同様にして計測が行われているものとする。

【0147】さらに、図11に示されるウエハW1上では、スキャン露光を行うショット領域間のステッピング移動(外乱要因動作)が動作番号「2、4、6、8、10、12、14、16、18、20、22」で示されるタイミングで行われ、図12のウエハW2上では、このウエハW1のステッピング移動に同期するように、計測マーク間のステッピング移動(外乱要因動作)を動作番号「2、4、6、8、10、12、14、16、18、20、22、……」で示されるタイミングで行われる。

【0148】また、図7に示されるように、ウエハW1でウエハの交換動作を行い、ウエハW2でスキャン露光を行う場合、第1のロードアーム188からウエハW1をセンターアップ180に受け渡す時に生じる振動等は外乱要因となる。しかし、この場合にウエハW2をスキャン露光の前後で待機させるように主制御装置90がタイミング調整を行うことが考えられる。また、ウエハW2において、ウエハとレチクルの同期走査が等速度になる前後の加減速時は、外乱要因となるため、これに同期させてウエハW1の受け渡しを行うようにタイミング調整を行っても良い。

【0149】このように、主制御装置90は、2つのステージにそれぞれ保持されたウエハW1、W2上で並行処理する動作の内、できるだけ外乱要因となる動作同士、あるいは非外乱要因となる動作同士を同期して行うように、動作タイミングを調整することにより、2つのステージでそれぞれの動作を並行処理する場合であっても、互いに外乱の影響を受けないようにすることができる。

【0150】上述したタイミング調整は、全て主制御装置90によって行われる。

【0151】次に、2つのウエハステージWS1、WS2同士が接触するか否かの干渉条件について図14

(A)、(B)を用いて説明する。

【0152】図14(A)では、ウエハステージWS2が投影光学系PLの下にあって、上述したTTRアライメント系によりウエハステージWS2上の基準マーク板FM2上の基準マークを観察している状態が示されている。この時のウエハステージWS2の座標位置(x, y)を(0, 0)とする。基準マーク板FM2上の基準マークからウエハステージWS2の左端のX座標を(-Wa)とすると、ウエハステージWS2の左端の座標位置は(-Wa, y)となる。

【0153】また、ウエハステージWS1の座標位置は、同じく投影光学系PLの下までウエハステージWS1上の基準マーク板FM1を移動させて基準マークを計

測した時の座標位置を(0, 0)とし、そこから図14(A)に示されるウエハステージWS1の位置までの移動量を(-Xb)とし、基準マーク板FM1の基準マークからウエハステージWS1の右端のX座標を(Wb)とすると、ウエハステージWS1の右端の座標位置は(-Xb+Wb, y)となる。

【0154】ここで両方のウエハステージWS1、WS2が互いに干渉しない条件としては、ウエハステージWS2の左端とウエハステージWS1の右端とが接触しない状態であるため、 $0 < -Wa - (-Xb + Wb)$ の条件式で表わすことができる。

【0155】また、これとは逆に、図14(B)では、ウエハステージWS1を図14(A)の状態から(-Xa)の方向に所定距離移動させて、2つのウエハステージWS1、WS2が重なり合った状態を想定している(実際に2つのウエハステージは重なり合わないが、各ウエハステージを独立して制御する際に、各ステージの目標値が図14(B)のように設定される可能性がある)。この場合におけるウエハステージWS2の左端の座標位置は、(-Xa-Wa, y)となり、両ウエハステージWS1、WS2が互いに干渉する条件として、ウエハステージWS2の左端とウエハステージWS1の右端とが接触するか重なり合う状態であるため、 $0 > -Xa - Wa - (-Xb + Wb)$ で示される条件式で表すことができる。

【0156】そして、上記条件式を基準点を同じ座標にした一般式で表すと、

$Wa + Wb < Xb - Xa$ ……………条件式1

となり、この条件式1を満たしている場合は、2つのウエハステージ同士が干渉することなく自由に移動することができる。

【0157】また、次の条件式2を満たす場合は、2つのウエハステージ同士が接触して干渉が発生する。

【0158】

$Wa + Wb \geq Xb - Xa$ ……………条件式2

従って、主制御装置90は、できるだけ条件式1を満たす様に各ウエハステージWS1、WS2の移動を制御しつつ、条件式2を満たす状況が予想される場合は、いずれか一方のステージを待機させてステージ同士の干渉が発生するのを防止するように制御する必要がある。なお、上述した条件式1及び2は、説明を分かり易くするために2つに分けて説明したが、一方の条件式が他方の条件式の否定の関係にあるため、実質的には1つの条件式である。

【0159】そして、上記した条件式に基づいて主制御装置90により両ウエハステージを干渉させることなく移動制御を行う場合のシーケンスを図15のフローチャートを用いて説明する。まず、主制御装置90は、制御動作を開始するに当たって、2つのウエハステージWS1、WS2の座標位置を同一の基準位置(ここでは、投

影光学系PLの光軸位置)を原点(0, 0)とする干渉計の値を用いて計測し、必要なパラメータ(ここでは、WaとWb)を予めメモリ91に格納された上記条件式1に代入する。

【0160】そして、主制御装置90は、ステージの移動制御が開始されると、干渉計の測長軸(BI1X, BI2X等)に基づいて2つのウエハステージWS1・WS2の現在位置を把握するとともに、ステージ制御装置38に入力される駆動目標値に基づいて、将来的なステージWS1・WS2座標位置を演算して予測することができる。主制御装置90は、これら座標位置から2つのステージWS1・WS2の基準位置からの移動方向と移動距離(ここでは、XbとXa)を求めて上記条件式1に代入することにより、条件式1($Wa + Wb < Xb - Xa$)を満足するか否かを判断することができる(ステップS30)。

【0161】条件式1を満足する場合は、2つのウエハステージWS1・WS2同士の干渉が起こらないため、両ステージWS1・WS2を独立して移動制御することができる(ステップS32)。

【0162】また、ステップS30で条件式1を満足しない場合は、ウエハステージWS1・WS2間で干渉が発生するため、主制御装置90では、それぞれのステージWS1、WS2上で行われる動作の終了までの時間を比較する(ステップS34)。ここで、ステージWS1の方が早く終了する場合は、主制御装置90がステージWS1を待機させて、ウエハステージWS2を優先的に移動制御させる(ステップS36)。そして、主制御装置90は、ウエハステージWS2を移動制御している間に、上記条件式1を満足するような状況になったか否かを常に判断し(ステップS38)、条件式1が満足されない間はステップS36に戻ってウエハステージWS2側を優先的に移動制御する。また、ステップS38で条件式1を満足するようになった場合、主制御装置90は、待機状態にあるウエハステージWS1を解除して(ステップS40)、ウエハステージWS1・WS2をそれぞれ独立して移動制御するようにする(ステップS32)。

【0163】さらに、ステップS34において、ステージWS2の方が早く終了する場合は、主制御装置90がステージWS2の方を待機させ、ウエハステージWS1を優先的に移動制御する(ステップS42)。主制御装置90は、ウエハステージWS1を移動制御している間に、上記条件式1を満足するような状況になったか否かを常に判断し(ステップS44)、条件式1を満足しない間はステップS42に戻ってウエハステージWS1を優先的に移動制御する。ステップS44で条件式1を満足するような状況になった場合、主制御装置90は、待機状態にあるウエハステージWS2を解除して(ステップS40)、ウエハステージWS1・WS2を独立して

移動制御するようにする(ステップS32)。

【0164】そして、主制御装置90は、ステージの移動制御を引き続き行う場合は、ステップS46からステップS30に戻って上記移動制御を繰り返す行い、ステージを移動制御しない場合は制御動作を終了する。

【0165】このように、主制御装置90は、上記条件式とステージ制御装置38を介して2つのステージWS1・WS2を移動制御することにより、両ステージ同士が干渉しないようにすることが可能になる。

【0166】ところで、前述した二重露光法を実施する場合は、露光動作を2回繰り返すため、露光動作を行うステージ側の動作終了時間がアライメント動作を行っているステージ側よりも遅くなる。このため、ステージ同士の干渉が発生する場合は、先に動作が終了するアライメント側のステージを待機させ、露光側のステージを優先して移動させることになる。

【0167】ところが、アライメント側のステージでは、前述したファインアライメント動作だけではなく、ウェハ交換やサーチアライメント動作、あるいはこれ以外の動作を並行処理させても良いため、アライメント側のステージの動作時間は可能な限り短縮した方が望ましい。

【0168】そこで、図16(B)に示されるように、露光動作を行うウェハW2側は、スループットの律速条件となるため、最も効率の良いステッピング順序が設定される(E1~E12)。これに対して、図16(A)に示されるように、EGAによるアライメント動作を行うウェハW1側では、露光ショットの内の数ショットがサンプルショットとして選択される。ここでは、例えば「A」印で示した4ショットが選択されたすると、図17(A)に示されるアライメント側のウェハW1のように、ウェハW2の露光動作におけるステッピング順序に対応して移動されるように、アライメント側(W1)のステッピング順序の決定が為される。なお、図17(B)に示されるウェハW2では、外乱の影響を抑える必要のある露光時における動作番号を数字(1~12)で示しており、外乱に影響されないステッピング動作については矢印(→)で示されている。

【0169】図17(A)に示されるように、EGAによるファインアライメント動作をウェハW1で行う場合は、動作番号の1~5について同図(B)に示されるスキャン露光が行われるウェハW2に対応するショット領域に対してアライメント動作が行われるように移動順序が決定される。このように、アライメントショットの移動順序を露光ショットと同じにすることは、2つのウェハステージが等間隔を保った状態で並行移動することになるため、干渉条件を満たすことなく移動制御することができる。

【0170】また、図17(A)に示されるウェハW1では、動作番号が5から6にステップ移動する時に、1

行上のショット領域A3へスキップしており、動作番号7の時にショット領域A4にスキップするようにアライメント順序が決定されている。これは、スキャン露光を行う図17(B)のウェハW2の動作番号6及び7で示されるショット領域を投影光学系PLの下に持って来た場合、ウェハステージWS2がウェハステージWS1から離れた位置にあるため(アライメント系が固定でウェハ側が移動するため、動作番号6、7の位置ではウェハW2が最も右寄りに位置する)、アライメント動作を行うウェハステージWS1側を比較的自由に移動させることができるからである。この様に、ウェハW1側を図17(A)のように移動させてアライメント動作を行うことにより、ファインアライメント時間を一層短縮することが可能となる。

【0171】また、上記したアライメントシーケンスにおけるサンプルショットとは異なり、1ショット領域内毎に1点のアライメントマークを検出して全ショット領域をサンプルショットとする場合であっても、スループットを劣化させないようにすることができる。これは、ウェハW2の露光順序に対応したショット領域のアライメントマークを順次計測するもので、上述したようにステージ間の干渉が発生しなくなる上、このようなEGAを行った場合、平均化効果よりアライメント精度の一層の向上を期待することができる。

【0172】以上説明したように、本実施形態の投影露光装置10によると、2枚のウェハをそれぞれ独立に保持した2つのウェハステージ上で行われる動作の内、互いに外乱要因となる動作同士、あるいは互いに外乱要因とならない動作同士を同期して行うように両ステージ動作を制御するようにしたため、走査露光を行う際の同期精度やアライメントの際のマーク計測精度を低下させることなく、アライメント動作と露光動作とを並行処理することができ、スループットを向上させることが可能になる。

【0173】また、上記実施形態によると、2つのウェハステージをXYの2次元方向に独立して移動制御する場合は、予め2つのウェハステージが干渉する条件(干渉条件)を記憶しておき、その干渉条件をできるだけ満足しないように移動制御するようにしたため、両ステージの移動範囲をオーバーラップさせることができることから、フットプリントを小さくすることが可能となる。

【0174】更に、上記実施形態によると、2つのウェハステージをXY方向に独立して移動させる際に、お互いのステージで干渉条件を満足するようになった場合、動作を切り換えるまでに先に動作の終了する方のステージ側を待機させ、他方のステージ側を優先的に移動制御する様にしたので、スループットを劣化させることなくステージ同士の干渉を防止することが可能となる。

【0175】また、上記実施形態によると、マーク計測を行うアライメントシーケンスにおいて、ウェハ上の複

数のショット領域の内、任意のショットをアライメントショットとして選択する際に、できるだけ両ステージ間で干渉が無い様にアライメントショットの計測順序を決定するようにしたので、上記したようなステージ同士の干渉条件や一方のステージを待機させるような場合を極力抑えることが可能となる。

【0176】これに加えて、本実施形態の投影露光装置10によると、2枚のウエハをそれぞれ独立に保持する2つのウエハステージを具備し、これら2つのウエハステージをXYZ方向に独立に移動させて、一方のウエハステージでウエハ交換とアライメント動作を実行する間に、他方のウエハステージで露光動作を実行する事とし、両方の動作が終了した時点でお互いの動作を切り換えるようにしたことから、スループットを大幅に向上させることが可能になる。

【0177】また、上記実施形態によると、投影光学系PLを挟んでマーク検出を行う少なくとも2つのアライメント系を具備しているため、2つのウエハステージを交互にずらすことにより、各アライメント系を交互に使用して行われるアライメント動作と露光動作とを並行処理することが可能になる。

【0178】その上、上記実施形態によると、ウエハ交換を行うウエハローダがアライメント系の近辺、特に、各アライメント位置で行えるように配置されているため、ウエハ交換からアライメントシーケンスへの移行がスムーズに行われ、より高いスループットを得ることができる。

【0179】さらに、上記実施形態によると、上述したような高スループットが得られるため、オフ軸の光学系を投影光学系PLより大きく離して設置したとしてもスループットの劣化の影響が殆ど無くなる。このため、高N.A.（開口数）であって且つ収差の小さい直筒型の光学系を設計して設置することが可能となる。

【0180】また、上記実施形態によると、2本のアライメント系及び投影光学系PLの各光軸のほぼ中心を計測する干渉計からの干渉計ビームを各光学系毎に有しているため、アライメント時や投影光学系を介してのパターン露光時のいずれの場合にも2つのウエハステージ位置をアップ誤差のない状態でそれぞれ正確に計測することができ、2つのウエハステージを独立して移動させることが可能になる。

【0181】さらに、2つのウエハステージWS1、WS2が並ぶ方向（ここではX軸方向）に沿って両側から投影光学系PLの投影中心に向けて設けられた測長軸BI1X、BI2Xは、常にウエハステージWS1、WS2に対して照射され、各ウエハステージのX軸方向位置を計測するため、2つのウエハステージが互いに干渉しないように移動制御することが可能になる。

【0182】その上、上記測長軸BI1X、BI2Xに

対してアライメント系の検出中心や投影光学系PLの投影中心位置に向けて垂直に交差する方向（ここではY軸方向）に測長軸BI3Y、BI4Y、BI5Yが照射されるように干渉計が配置され、ウエハステージを移動させて反射面から測長軸が外れたとしても、干渉計をリセットすることによりウエハステージを正確に位置制御することが可能となる。

【0183】そして、2つのウエハステージWS1、WS2上には、それぞれ基準マーク板FM1、FM2が設けられ、その基準マーク板上のマーク位置とウエハ上のマーク位置とを予めアライメント系で計測することによって得られる補正座標系との間隔を、露光前の基準板計測位置に対してそれぞれ加算する事によって、従来の様な投影光学系とアライメント系との間隔を計測するベースライン計測を行うことなくウエハの位置合わせが可能となり、特開平7-176468号公報に記載されるような大きな基準マーク板の搭載も不要となる。

【0184】また、上記実施形態によると、複数枚のレチクルRを使って二重露光を行うことから、高解像度とDOF（焦点深度）の向上効果が得られる。しかし、この二重露光法は、露光工程を少なくとも2度繰り返さなければならないため、露光時間が長くなって大幅にスループットが低下するが、本実施形態の投影露光装置を用いることにより、スループットが大幅に改善できるため、スループットを低下させることなく高解像度とDOFの向上効果が得られる。例えば、T1（ウエハ交換時間）、T2（サーチアライメント時間）、T3（ファインアライメント時間）、T4（1回の露光時間）において、8インチウエハにおける各処理時間をT1：9秒、T2：9秒、T3：12秒、T4：28秒とした場合、1つのウエハステージを使って一連の露光処理が為される従来技術により二重露光が行われると、スループット $THOR = 3600 / (T1 + T2 + T3 + T4 * 2) = 3600 / (30 + 28 * 2) = 41$ [枚/時]となり、1つのウエハステージを使って一重露光法を実施する従来装置のスループット（ $THOR = 3600 / (T1 + T2 + T3 + T4) = 3600 / 58 = 62$ [枚/時]）と比べてスループットが66%までダウンする。ところが、本実施形態の投影露光装置を用いてT1、T2、T3とT4とを並列処理しながら二重露光を行う場合は、露光時間の方が大きいので、スループット $THOR = 3600 / (28 + 28) = 64$ [枚/時]となることから、高解像度とDOFの向上効果を維持しつつスループットを改善することが可能となる。

【0185】なお、上記実施形態では、本発明が二重露光法を用いてウエハの露光を行う装置に適用した場合について説明したが、同様の技術であるスティッチングにも適用できる。更に、前述の如く、本発明の装置により、一方のウエハステージ側で2枚のレチクルにて2回露光を行う（二重露光、スティッチング）間に、独立に

可動できる他方のウェハステージ側でウェハ交換とウェハアライメントを並行して実施する場合に、従来の一重露光よりも高いスループットが得られるとともに、解像力の大幅な向上が図れるという特に大きな効果があるためである。しかしながら、本発明の適用範囲がこれに限定されるものではなく、一重露光法により露光する場合にも本発明は好適に適用できるものである。例えば、8インチウェハの各処理時間(T1~T4)が前述と同様であるとする、本発明のように2つのウェハステージを使って一重露光法で露光処理する場合、T1、T2、T3を1グループとし(計30秒)、T4(28秒)と並列処理を行うと、スループットは $\text{THOR} = 3600 / 30 = 120$ [枚/時]となり、1つのウェハステージを使って一重露光法を実施する従来のスループット $\text{THOR} = 62$ [枚/時]に比べてほぼ倍の高スループットを得る事が可能となる。

【0186】また、上記実施形態では、2つのウェハステージの移動方向ができるだけ同じ方向となるように、アライメントショット順序や露光ショット順序を決定するようにしたため、2つのウェハステージの移動範囲をできるだけ小さくすることができ、装置の小型化を図ることが可能となる。しかし、投影光学系とアライメント系とをある程度距離を離して設置可能な場合は、ベース盤上を移動する2つのウェハステージの移動方向を互いに逆方向として左右対称に移動させても良い。これにより、ベース盤を支持する除振機構に加わる負荷が互いに相殺されるように働くことから、除振機構の出力を小さく抑えることができ、ステージ傾きや振動の発生が小さくなって振動収束時間を短くできるので、動作精度とスループットとを一層向上させることが可能となる。

【0187】なお、上記実施形態では、ステップ・アンド・スキャン方式により走査露光を行う場合について説明したが、本発明がこれに限定されるものではなく、ステップ・アンド・リピート方式による静止露光を行う場合及びEB露光装置やX線露光装置、さらにはチップとチップを合成するスティッチング露光時であっても同様に適用できることは勿論である。

【0188】また、上記実施形態では、アライメント動作及びウェハ交換動作と、露光動作とを並行処理する場合について述べたが、本発明は勿論これに限定されるものではなく、露光動作と並行して行われる可能性のあるものとして、例えば、ベースラインチェック(BCHK)、ウェハ交換が行われる度に行うキャリブレーション等のシーケンスについても同様に露光動作と並行処理するようにしても良い。

【0189】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1ないし6に記載の発明によれば、スループットを一層向上させるとともに、両ステージ相互間の外乱の影響を防止することができる投影露光装置が提供される。

【0190】また、請求項7及び8に記載の発明によれば、スループットを一層向上させるとともに、両ステージ同士の干渉を防止することができる投影露光装置が提供される。

【0191】更に、請求項9に記載の発明によれば、スループットを一層向上させるとともに、両ステージ相互間の外乱の影響を防止することができる投影露光方法が提供される。

【0192】また、請求項10に記載の発明によれば、スループットを一層向上させるとともに、両ステージ同士の干渉を防止することができる従来にない優れた投影露光方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施形態にかかる投影露光装置の概略構成を示す図である。

【図2】2つのウェハステージとレチクルステージと投影光学系とアライメント系の位置関係を示す斜視図である。

【図3】ウェハステージの駆動機構の構成を示す平面図である。

【図4】投影光学系とアライメント系にそれぞれ設けられているAF/AL系を示す図である。

【図5】AF/AL系とTTRアライメント系の構成を示す投影露光装置の概略構成を示す図である。

【図6】図5のパターン形成板の形状を示す図である。

【図7】2つのウェハステージを使ってウェハ交換・アライメントシーケンスと露光シーケンスとが行われている状態を示す平面図である。

【図8】図7のウェハ交換・アライメントシーケンスと露光シーケンスとの切り換えを行った状態を示す図である。

【図9】2枚のレチクルを保持する二重露光用のレチクルステージを示す図である。

【図10】(A)は図9のパターンAのレチクルを使ってウェハの露光を行った状態を示す図であり、(B)は図9のパターンBのレチクルを使ってウェハの露光を行った状態を示す図である。

【図11】2つのウェハステージの一方に保持されたウェハ上の各ショット領域毎の露光順序を示す図である。

【図12】2つのウェハステージの他方に保持されたウェハ上の各ショット領域毎のマーク検出順序を示す図である。

【図13】2つのウェハステージ上で外乱要因動作と非外乱要因動作とを行う場合のタイミング制御動作を説明するフローチャートである。

【図14】(A)は、2つのウェハステージ同士を独立して移動制御する際の非干渉条件を説明するステージの平面図であり、(B)は、2つのウェハステージ同士を独立して移動制御する際の干渉条件を説明するステージの平面図である。

【図15】干渉条件を満たす場合と満たさない場合における2つのウェハステージの移動制御動作を説明するフローチャートである。

【図16】(A)は、アライメントを行うサンプルショットを示すウェハの平面図であり、(B)は、露光を行うショット領域を示すウェハの平面図である。

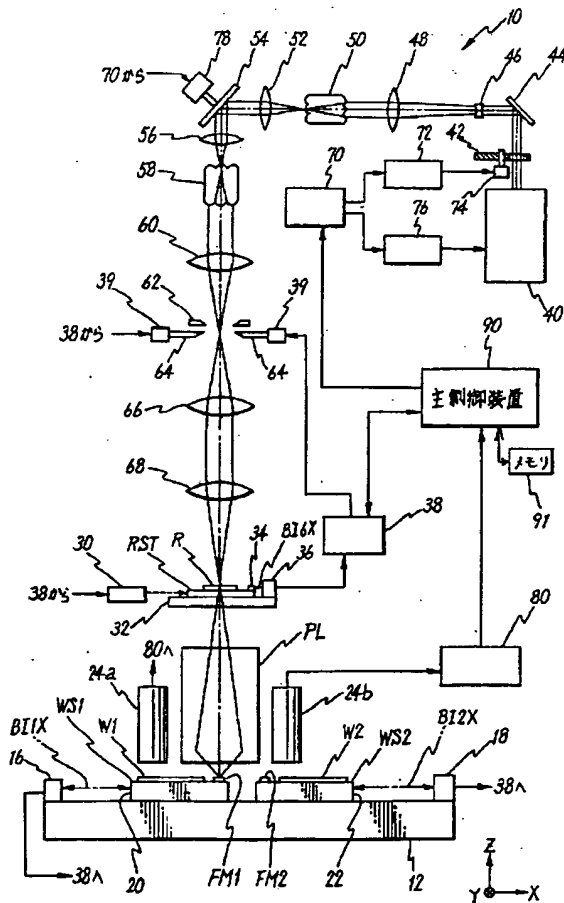
【図17】(A)は、アライメントシーケンスを行う際のショット順序を示すウェハの平面図であり、(B)は、露光シーケンスを行う際の露光順序を示すウェハの平面図である。

【符号の説明】

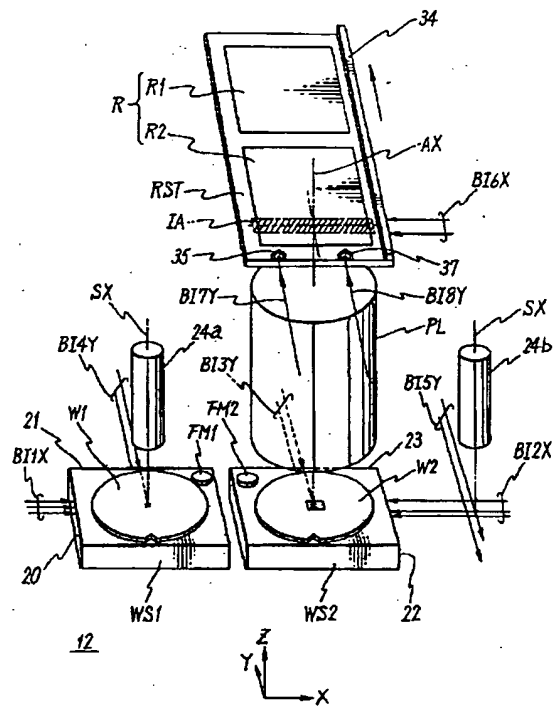
10 投影露光装置
24 a、24 b アライメント系
38 ステージ制御装置
90 主制御装置
91 メモリ
180 センターアップ

182 第1のローディングガイド
184 第1のアンロードアーム
186 第1のスライダ
188 第1のロードアーム
190 第2のスライダ
192 第2のローディングガイド
194 第2のアンロードアーム
196 第3のスライダ
198 第2のロードアーム
200 第4のスライダ
W1、W2 ウェハ
WS1、WS2 ウェハステージ
PL 投影光学系
BI1X~BI4Y 測長軸
RST レチクルステージ
R レチクル

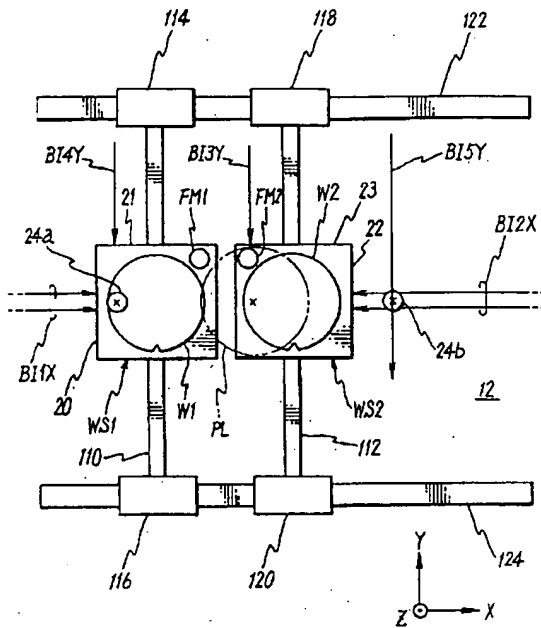
【図1】



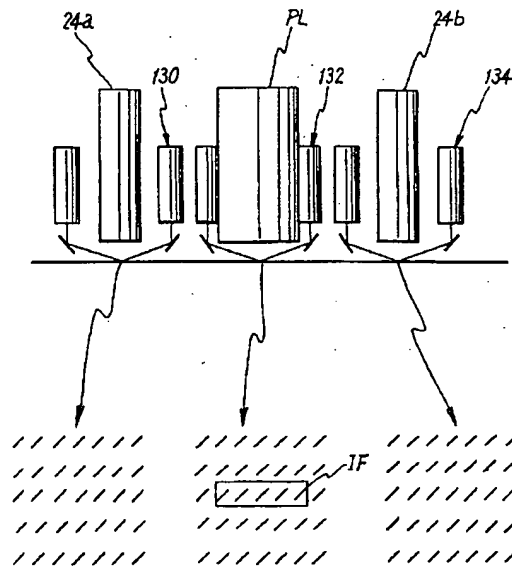
【図2】



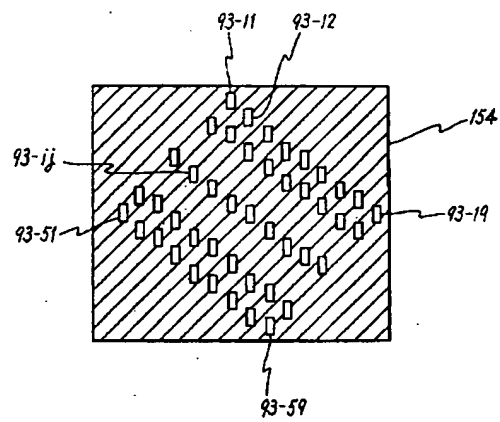
【図3】



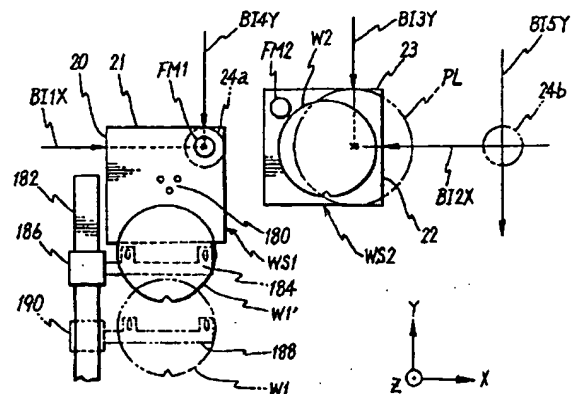
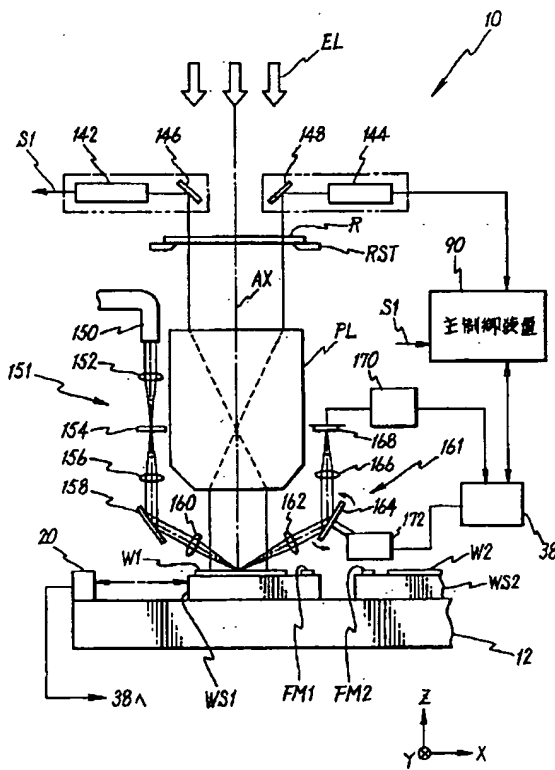
【図4】



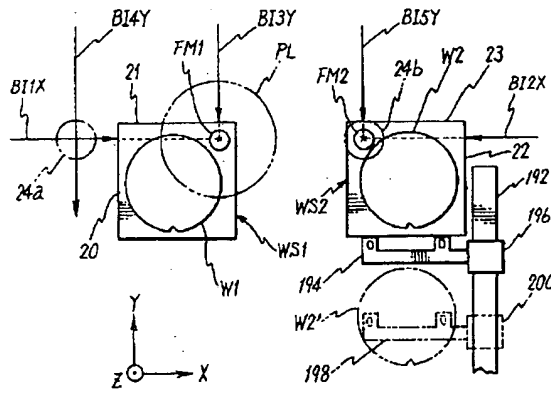
【図6】



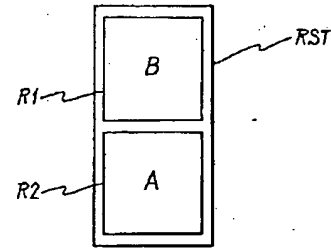
【図7】



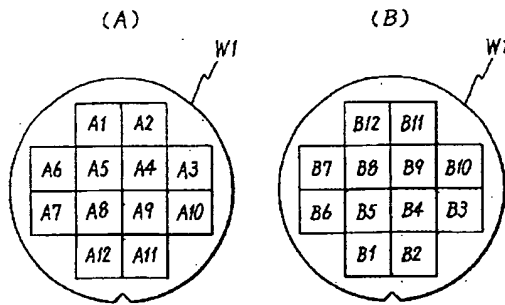
【図8】



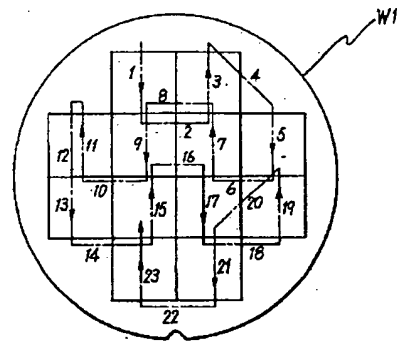
【図9】



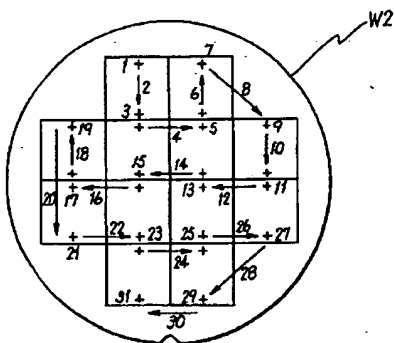
【図10】



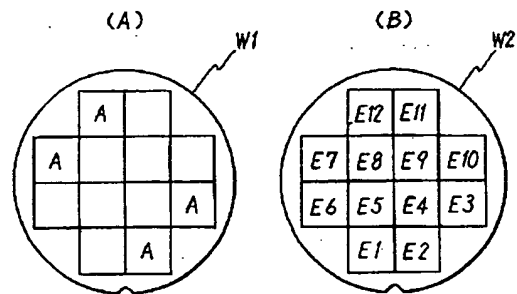
【図11】



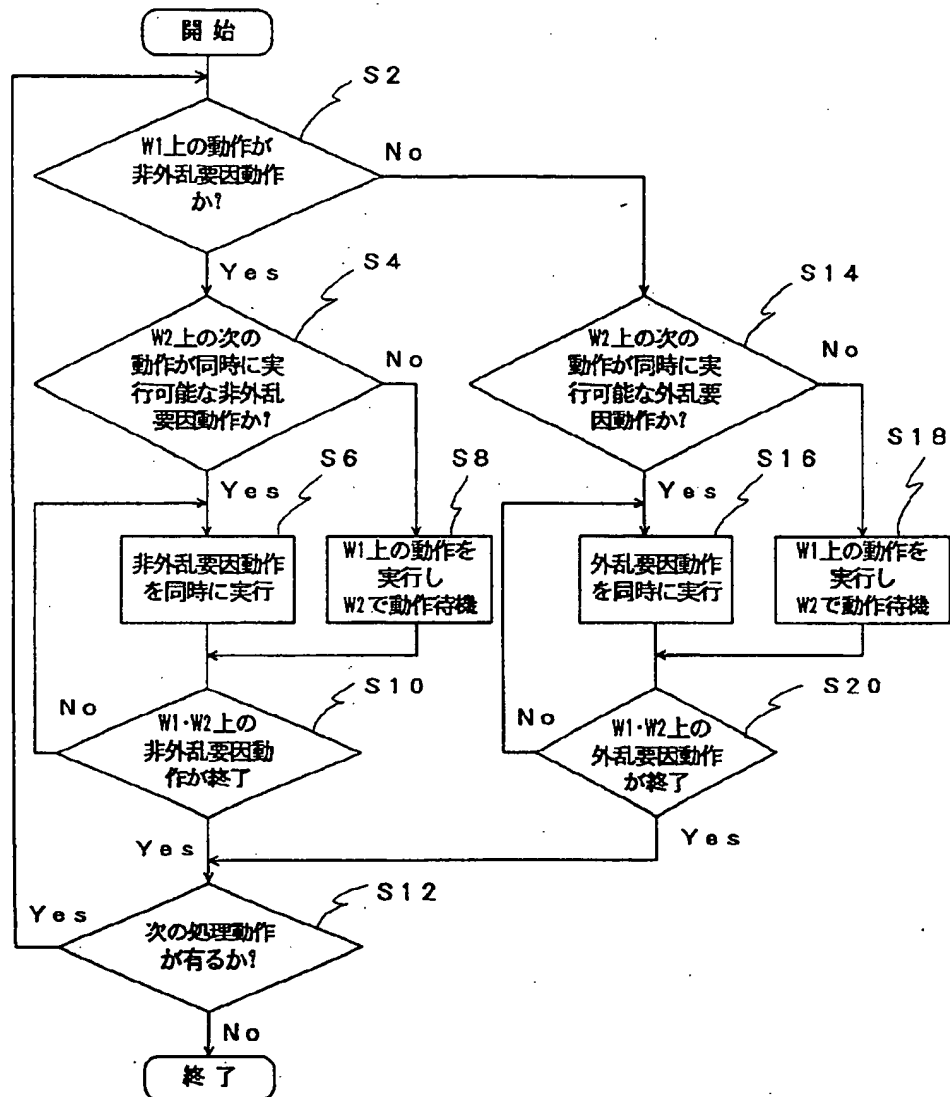
【図12】



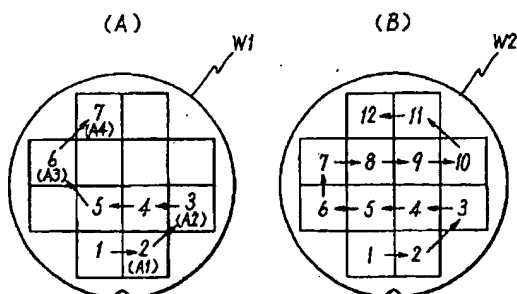
【図16】



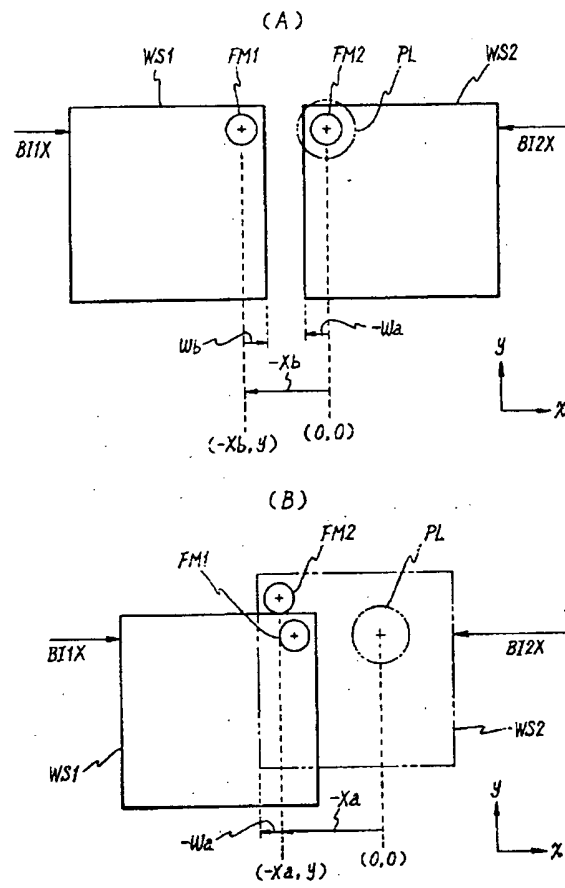
【図13】



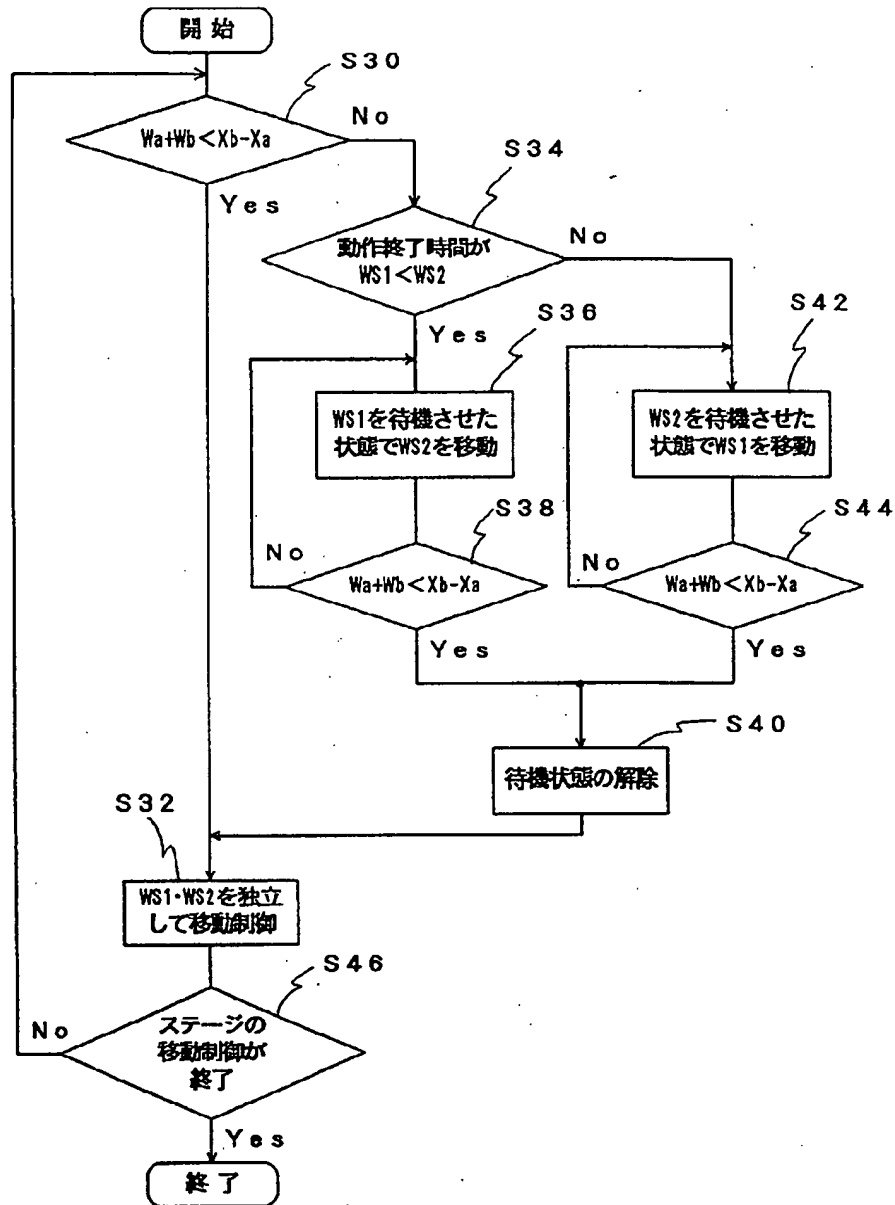
【図17】



【図14】



【図15】



THIS PAGE BLANK (USPTO)